



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

**Diseño de un sistema de planificación y control de la
producción basado en la teoría de restricciones, para
mejorar la productividad de la empresa de tratamiento
de vidrios**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Rubén Adolfo MAYTA TOLENTINO

ASESOR

Rosa María TIBURCIO ALVA

Lima, Perú

2017



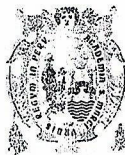
Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mayta, R. (2017). *Diseño de un sistema de planificación y control de la producción basado en la teoría de restricciones, para mejorar la productividad de la empresa de tratamiento de vidrios*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA N°073-VDAP-FII-2017

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **martes 19 de diciembre de 2017**, a las 09:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN BASADO EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA DE TRATAMIENTO DE VIDRIOS”

Que presenta el Bachiller:

MAYTA TOLENTINO RUBÉN ADOLFO

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las **9:50** horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con la calificación promedio de **16 (DIECISEIS)**, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 19 de diciembre del 2017

MG. RAEZ GUEVARA LUIS ROLANDO
Presidente

MG. CALSINA MIRAMIRA WILLY HUGO
Miembro

MG. MAYTA TIÑOJOZA DANIEL HUMBERTO
Miembro

ING. TIBURCIO ALVA ROSA MARIA
Asesor

Dedicatoria:

A mis padres y hermanas por darme su apoyo incondicional, a Beatriz por darme fuerzas en todo momento, a mis profesores por sembrar sus conocimientos en mí, en especial a mi tutora y al ing. Esponda por sus consejos.

INTRODUCCION

Actualmente existe una alta competitividad en el rubro de Vidrio Templado, ser capaz de responder a la demanda cada vez más exigente en calidad, en menor tiempo y a bajos costos, hace que las organizaciones trabajen con mayor eficiencia en sus operaciones, la información para la toma de decisiones tiene que ser cada vez más rápida y confiable.

Las empresas del sector se encuentran inmersas en la búsqueda constante de mejora de la productividad y eficiencia, porque la competencia es cada vez más intensa y nuestro entorno operativo cada vez más difícil, por ello hace necesario realizar para la organización un diseño del sistema de planificación de la producción para cumplir con los plazos de los pedidos, reduciendo costos que incurren y tomar decisiones adecuadas,

Para lograr estos objetivos es necesario tener un control de la planificación de la producción, localizando los puntos críticos y/o restricciones del sistema, y así lograr la efectividad de sus operaciones en la fabricación de sus productos con una adecuada combinación de métodos, maquinarias, materia prima y mano de obra.

RESUMEN

El presente estudio, no solo consiste en formular el diseño de un sistema de planificación y control de la producción, sino en una adecuación de la teoría a la realidad, y obtener sus beneficios, el trabajo de investigación se resume en:

Capítulo I; Ante el crecimiento de la demanda de los vidrios templados, el área de planeamiento tiene dificultad en planificar la producción debido a que no cuenta con información detallada para administrar sus recursos (personas, maquinarias, materia prima y métodos), operan en un contexto de planificación y toma de decisiones empíricas. Ello le conlleva a conflictos en la toma de decisiones para el área de operaciones.

Capítulo II, Se desarrolla el marco teórico de los subsistemas de planificación y control de la producción, los cuales son el Pronóstico, la Capacidad de producción, Plan Agregado, Plan Maestro y el Plan de Requerimiento de Materiales; todo ello bajo el marco de la Teoría de Restricciones.

Capítulo III, Se elabora las Hipótesis y con ello se identifica las variables dependientes e independientes del trabajo de investigación.

Capítulo IV; Con el propósito de mejorar la productividad en la empresa se desarrolla importantes modelos de gestión como es la Planificación de la Producción y la Teoría de Restricciones, esta última permite identificar la problemática y/o restricción del sistema bajo un conjunto de árboles lógicos que proporcionan una ruta para el cambio, la identificación de elementos perturbadores y la construcción de un proceso de mejora continua.

La planificación tendrá la tarea importante de usar los recursos adecuados para así reducir los costos de producción y programar los pedidos de acuerdo a la capacidad de planta, ayudando a tomar buenas decisiones en el área de planeamiento y/o operaciones para así evitar retrasos en la entrega de los productos.

Capítulo V; Finalmente se adecua la Teoría de Restricciones para encontrar la problemática del sistema y poder plantear el diseño de la planificación de la producción a través de un análisis del pronóstico de ventas, el cual indica a detalle la demanda que tendrá la empresa en el año 2018, con el cual se realiza el Plan Agregado de la Producción, el plan muestra el costo óptimo de la producción de acuerdo a la capacidad de planta y a la mano de obra, luego se elaboró un plan de producción semanal a través del Plan Maestro de Producción a corto plazo, para realizar el requerimiento preventivo al área de almacén de materia prima, y finalmente el Plan de Requerimiento de Materiales que detalla los recursos del producto y la fecha de realización del requerimiento de materia prima al proveedor, con ello se rompe la planificación empírica de la producción dentro de la empresa.

Se aplica un enfoque cuantitativo y el nivel de investigación es aplicativo a las mencionadas teorías, se concluye que el diseño de planificación de la producción mejorara la toma de decisiones en el uso de recursos, costo de producción y plazo de entrega del pedido.

Capítulo VI, Identificado los problemas y resueltos a partir de este diseño se realiza una breve conclusión y recomendación para el logro de los objetivos.

Palabra clave: Planificación y control de la producción, Plan agregado, Plan Maestro de Producción, Plan de Requerimiento de materiales, Teoría de restricciones, productividad, costos de producción, lead time.

ÍNDICE

I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problema específico	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación	4
1.3.1. Justificación teórica.....	4
1.3.2. Justificación metodológica.....	5
1.3.3. Alcance y limitaciones	5
1.4. Objetivos de la investigación	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivo Específico	6
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Productividad	11
2.2.2. Planificación y control de la producción (PCP)	14
2.2.3. Pronóstico de la demanda.....	18
2.2.4. Capacidad de producción	21
2.2.5. Planificación agregada	25
2.2.6. Plan Maestro de producción (PMP)	28
2.2.7. Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP).....	29
2.2.8. Teoría de Restricciones (TOC).....	30
III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	38
3.1. Hipótesis General	38
3.2. Hipótesis Específicas.....	38
3.3. Variables	38
3.3.1. Dependiente.....	38
3.3.2. Independiente	38
IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
4.1. Tipo de Investigación	39
4.2. Diseño de la Investigación	39
4.3. Población y Muestra.....	40
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40

4.5.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	40
V.	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....	41
6.1.	Diagnóstico Situacional de la Empresa.....	41
6.1.1.	Aspecto General	41
6.1.2.	Organigrama.....	41
6.1.3.	Mapa de Procesos.....	42
6.1.4.	Productos y Servicios	43
6.1.5.	Tipo de vidrio procesados	46
6.1.6.	Procesos y operaciones de vidrio templado	46
6.1.7.	Diseño propuesto para la mejora de la productividad	48
6.1.8.	Diagnóstico del área de estudio.....	49
6.1.9.	Aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC)	55
6.2.	Mejora: Planificación y Control de la Producción	60
6.2.1.	Pronóstico.....	60
6.2.2.	Capacidad actual de Producción.....	63
6.2.3.	Nueva Capacidad propuesto para diseño de planificación	65
6.2.4.	Plan Agregado de Producción	66
6.2.5.	Plan Maestro de Producción.....	80
6.2.6.	Plan de Requerimiento de Materiales (MRP).....	85
6.3.	Contrastación de Hipótesis.....	100
6.3.1.	Análisis.....	100
6.4.	Discusión de Resultados.....	102
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
6.1.	Conclusiones	103
6.2.	Recomendaciones.....	104
	BIBLIOGRAFÍA.....	105
	ANEXO.....	107

FIGURAS

Figura N° 1: Oferta de apartamento (unidades)	1
Figura N° 2: Árbol de causas y efectos	3
Figura N° 3: Árbol de medios para alcanzar los objetivos	6
Figura N° 4: Esquema de un sistema de planificación y control	15
Figura N° 5: Flujo general de las actividades de la planificación y control	17
Figura N° 6: Patrón estacional de demanda	19
Figura N° 7: Demanda compuesta con patrones de estacionalidad, tendencia y aleatoriedad	20
Figura N° 8: Representación gráfica de la carga y la capacidad	22
Figura N° 9: Analogía del tanque de líquido para el control de Entrada/Salida.....	23
Figura N° 10: Diagrama de las tres preguntas clave.....	33
Figura N° 11: Árbol de realidad actual	34
Figura N° 12: Nube de evaporación de conflictos	35
Figura N° 13: Nube de Realidad Futura	36
Figura N° 14: Árbol de Prerrequisitos.....	37
Figura N° 15: Árbol de Transición.....	37
Figura N° 16: Organigrama	41
Figura N° 17: Estructura de Valor	42
Figura N° 18: Servicio de asesoría, remetrage e instalación	44
Figura N° 19: Fragmentos de vidrio templado	45
Figura N° 20: Proceso de vidrio templado.....	46
Figura N° 21: SIPOC del vidrio templado	47
Figura N° 22: Diseño para la mejora de la productividad	48
Figura N° 23: Características del producto elegido	49
Figura N° 24: Mapa del flujo de valor actual del vidrio templado (VSM).....	50
Figura N° 25: Árbol de la realidad actual (ARA).....	55
Figura N° 26: Nube de evaporación de conflictos	56
Figura N° 27: Árbol de Realidad Futura	57
Figura N° 28: Árbol de Prerrequisitos.....	58
Figura N° 29: Árbol de Transición.....	59
Figura N° 30: Gráfico de venta de vidrio templado en m2 de los años 2014 - octubre 2017	61
Figura N° 31: Gráfico de proyección de ventas de vidrio templado en m2 de noviembre 2017 – 2018.....	62
Figura N° 32: Cuello de botella.....	64

Figura N° 33: Gráfico de balance de procesos	65
Figura N° 34: Gráfico de la clasificación ABC por color de Vidrio Templado	81
Figura N° 35: Mapa del flujo de valor futuro del vidrio templado (VSM)	98

TABLAS

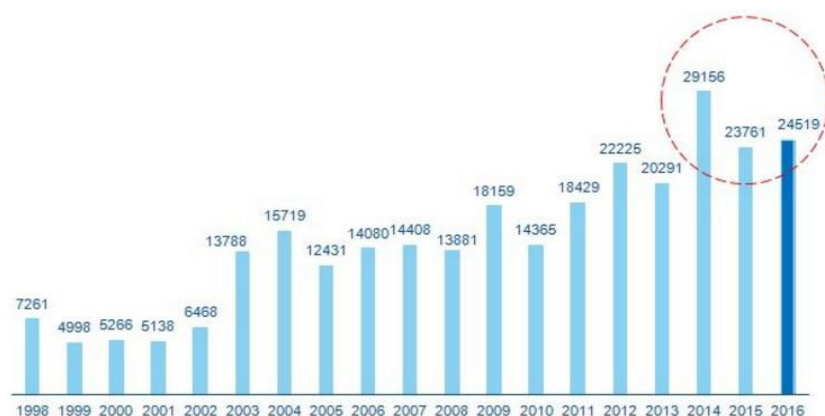
Tabla N° 1: Opciones mixtas para desarrollar un plan agregado	26
Tabla N° 2: Evidencias de EIDES	34
Tabla N° 3: Lista de materia prima	46
Tabla N° 4: Matriz Producto - Proceso	49
Tabla N° 5: Resumen de las dimensiones cuantificadas de las variables independientes y dependientes	54
Tabla N° 6: Venta de vidrio templado en m2 de los años 2014 - octubre 2017	60
Tabla N° 7: Proyección de vidrio templado en m2 de noviembre 2017 – 2018	62
Tabla N° 8: Identificación de la restricción.....	63
Tabla N° 9: Balance de línea	65
Tabla N° 10: Costo asociados de producción de vidrio templado.....	66
Tabla N° 11: Número de operarios por proceso y total de horas por turno de trabajo	67
Tabla N° 12: Calculo del Total de Hrs – Hm requerido por cada uno de los meses proyectados68	
Tabla N° 13: Plan 1	69
Tabla N° 14: Plan 2	71
Tabla N° 15: Plan 3	73
Tabla N° 16: Plan 4	75
Tabla N° 17: Plan 5	77
Tabla N° 18: Resumen de plan agregado	79
Tabla N° 19: Clasificación ABC por color de Vidrio Templado	80
Tabla N° 20: Producción mensual proyectada por color de vidrio (vidrios más vendidos)	82
Tabla N° 21: Plan Maestro de producción por tipo de color de vidrio (m2)	83
Tabla N° 22: Programa de requerimiento de Vidrio Incoloro (m2).....	87
Tabla N° 23: Programa de requerimiento de Vidrio Gris Humo (m2)	88
Tabla N° 24: Programa de requerimiento de vidrio Bronce (m2)	89
Tabla N° 25: Programa de requerimiento de vidrio Dark Blue (m2)	90
Tabla N° 26: Programa de requerimiento de vidrio Priva Blue (m2)	91
Tabla N° 27: Resumen de requerimiento de vidrio crudo por color - 2018.....	92
Tabla N° 28: Programa de requerimiento de insumos.....	93
Tabla N° 29: Resumen de comparación de variables dependientes e independientes.....	97

I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, a nivel mundial los vidrios templados llamados así porque ofrecen una resistencia de aproximadamente cuatro veces su valor que el vidrio crudo y que en el caso de rotura, rompe en fragmentos relativamente pequeños, por ello se consideran vidrios de seguridad, en base a ello en el Perú la Resolución Ministerial No. 236 - 94 del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. El 13 de junio de 1994, fue aprobada la Norma Técnica de Edificación "Vidrio" E. 110, El capítulo 7. A partir de ello la demanda de los vidrios templados por el sector inmobiliario a nivel nacional ha ido en aumento (se considera la demanda de los vidrios templados proporcional a la demanda del sector inmobiliario)

Figura N° 1: Oferta de apartamento (unidades)



Fuente: Capeco y BBVA Research.

El informe también revela que la oferta de apartamentos en la ciudad de Lima registró un incremento de 3% en 2016, pero el nivel se mantiene por debajo de lo alcanzado hace dos años. Cabe agregar que la oferta se ubicó en 24.000 unidades y se concentró en unidades por encima de los S/. 350.000 (cerca del 50%). (BBVA Research, 2016)

Ante este crecimiento de demanda en el año 2013 se crea la planta de tratamiento de vidrios ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, el cual opera actualmente con mediana actualización de la tecnología y automatización

de sus procesos; pero con serios problemas de organización, gestión y planificación en temas de producción.

La empresa tiene un sistema de producción por arrastre, que se inicia por los pedidos de los clientes, los pedidos que realizan cada cliente tienen variables de color, espesor y medida, ante el aumento de la demanda estacional, el área de planeamiento tienen dificultad en planificar la producción debido a que no cuenta con información para administrar sus recursos (personas, maquinarias, materia prima y métodos), operan en un contexto de planificación y toma de decisiones empíricas.

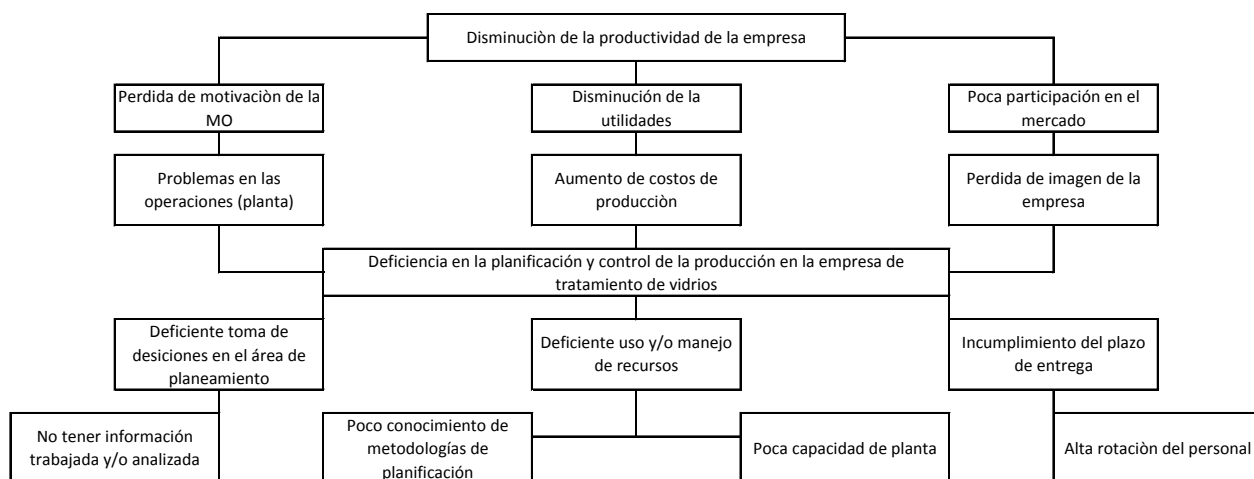
Su sistema de información para la toma de decisiones es deficiente, el área de Planeamiento y control de la producción de la empresa en mención no realiza una especificación detallada de recursos a utilizar; no hay una secuencia lógica generada a partir del pronóstico de ventas, la deficiencia en el conocimiento de la capacidad instalada de producción para atender los requerimientos generados del mercado no le permite plantear las alternativas de producción a corto y mediano plazo ni alternativas económicas convenientes, no realiza un Programa Maestro de Producción (PMP) para definir las cantidades adecuadas para su ejecución de los pedidos, ello no le permite conocer el plan de requerimientos de materiales (MRP) ni definir las cargas para cada centro de trabajo. Solo se limita a aprobar Órdenes de Producción, ello le conlleva a conflictos en la toma de decisiones para el área de operaciones y cuando hay aumento de la demanda surge el incumplimiento del plazo de entrega a los clientes.

Las empresas competitivas que interactúan con proveedores y clientes cada vez más exigentes emplean herramientas estratégicas para gestionar sus procesos productivos, el sistema de planificación y control de la producción es una herramienta estratégica integrada por subsistemas que interactúa de manera ordenada y secuencial para lograr mejorar la productividad, cumplir con la demanda y lograr sus objetivos.

1.2. Formulación del problema

La falta de un diseño de planificación de la producción eficiente en el área de planeamiento y operaciones pone en deficiencia la toma de decisiones de producción, deficiencia en el manejo de recursos, el incumplimiento del plazo de entrega de los pedidos; con ello la disminución de la productividad.

Figura N° 2: Árbol de causas y efectos



Fuente: Elaboración propia

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejorará la productividad en una empresa de tratamiento de vidrios?

1.2.2. Problema específico

PE1. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permitirá el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios?

PE2. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reducirá el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios?

PE3. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejorará la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación teórica

El diseño de un sistema de planificación y control de la producción para la mejora de la productividad de una empresa de tratamiento de vidrios, mostrara una mejor organización y toma de decisiones en el área de operaciones y planeamiento.

a) Justificación Económica.

El diseño del sistema podrá mostrar la reducción de costos de producción asociados al uso adecuado de los distintos recursos como personas, maquinarias, materia prima y métodos a utilizar, el cual también está involucrado el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos.

b) Justificación Legal

En base a la aprobación de la Norma Técnica de Edificación "Vidrio" E. 110, El capítulo 7. De la Resolución Ministerial No. 236 - 94 del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, se respetaran todos los términos establecidos con el objetivo de proteger la integridad física de las personas en caso de peligros de rotura de vidrio.

c) Justificación académica y profesional

Poner a prueba todos los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería Industrial a nivel financiero, logístico y producción. El aporte de este trabajo a nivel de gestión, operación y control generara una referencia para investigaciones futuras interesados en el tema.

d) Justificación Social

Como se pudo observar en el capítulo de descripción del problema, la desorganización en el área de operaciones y planeamiento genera estrés y desmotivación, surgiendo las mismas consecuencias en las áreas involucradas como ventas y los mismos operarios de producción, por ello es necesario diseñar un sistema para una adecuada toma de decisiones referente a la producción.

1.3.2. Justificación metodológica

Con esta investigación se busca romper la planificación empírica actual de la empresa con un nuevo diseño de sistema de planificación y control de la producción, con la finalidad de mejorar su productividad y cumplir con sus objetivos.

1.3.3. Alcance y limitaciones

1.3.3.1. Alcance

El trabajo de investigación abarca el área de operaciones y el área de planeamiento de la empresa de tratamiento de vidrios.

Se presentan información real de la demanda de vidrios templados, del año 2014 a octubre 2017, ello permitirá obtener indicadores verídicos para gestionar sobre el uso de recursos y una adecuada toma de decisiones sobre la producción.

1.3.3.2. Limitaciones

Tiene limitaciones de código de privacidad de la empresa, por ello no es factible mostrar los estados financieros y contables.

La segunda limitación es el reducido tiempo de elaboración de la investigación, para demostrar el aumento de la productividad.

La tercera limitación es el acceso de información de otras empresas del rubro de vidrios para poder comparar la productividad y ver si somos más competitivos en el mercado

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, para incrementar la productividad, en una empresa de tratamiento de vidrios.

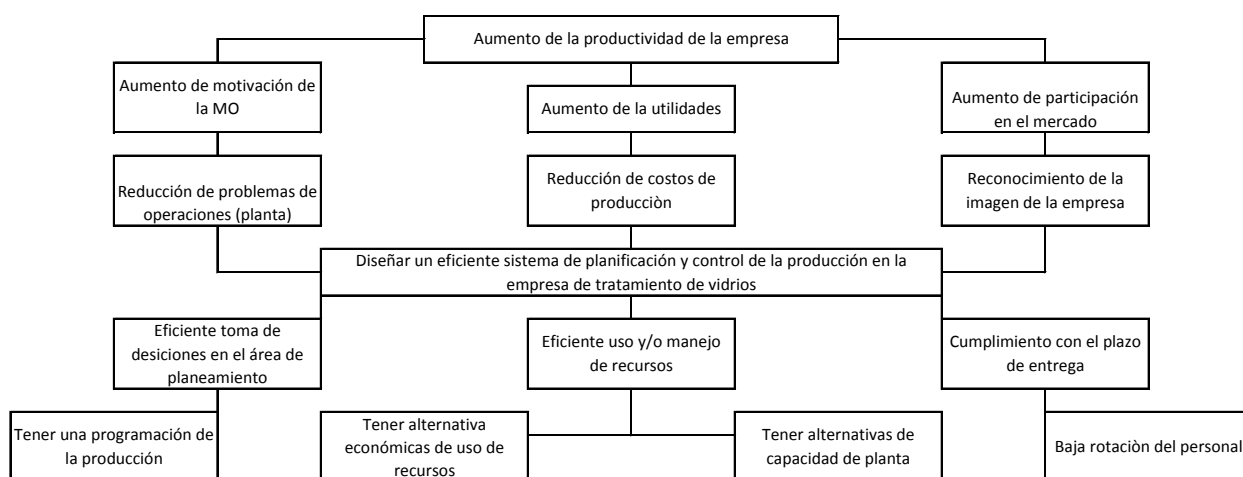
1.4.2. Objetivo Específico.

OE1. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios.

OE2. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reduce el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios.

OE3. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejora la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios.

Figura N° 3: Árbol de medios para alcanzar los objetivos



Fuente: Elaboración propia

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

a) Internacionales

1. Según Revollo & Suarez (2009), en su tesis *“Propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS S.A. a través de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción”*; Su objeto de estudio era establecer la planeación y programación de la producción, permitiendo tener un control más exacto sobre todas las variables que inciden en el proceso, facilitando la determinación de las variables que afectan al sistema, siendo éstas los tiempos de aislamiento y lavado de planta, el cuello de botella del proceso y la organización de qué, cuándo y cuánto producir.

Con la aplicación de la propuesta de manejo y control de inventarios la compañía estará en capacidad de reducir hasta en un 100% sus inventarios, lo cual llegó a representar un ahorro hasta de \$ 14000.000 mensuales por este concepto le permitió a la empresa incrementar sus esfuerzos en ventas ya que se contaría con la capacidad de planta para abastecer una demanda extra.

La aplicación de propuesta para el plan agregado de producción permitió identificar un superávit de 16 colaboradores, de esta manera y para poder abastecer la demanda pronosticada la empresa necesitará solo 34 empleados, siendo esto un ahorro mensual en sus costos por \$9000.000 aproximadamente.

2. Según Lloret (2014), en su tesis *“Propuesta para implementar un modelo de planificación y control de la producción en la empresa ISOLLANTA CÍA. LTDA”*; ante el crecimiento de la competencia se ve en la obligación de sostener y mejorar sus estándares de calidad y de satisfacción de sus clientes a través de esta propuesta de investigación, propuesta para optimizar el método de compra y adquisición de materiales, para programar la producción ejecutando ordenes de trabajo en el área comercial, y formatos de control de procesos para asegurar el cumplimiento de las normas técnicas INEN 2582:2011.

La propuesta de planificación de la producción que el tiempo de entrega para un neumáticos de cuatro días laborales, y asegurar mediante la programación de las órdenes de compra, cuando se soliciten mayores volúmenes de reencauche, una alta confiabilidad de cumplimiento de tiempo de entrega, todo ello se realizara un seguimiento previo mediante formatos de control de operaciones que permitirán el cumplimiento de la norma.

Por último presenta los lineamientos a seguir por los responsables de cada área en la empresa, para acoplar el área de producción, con las demás áreas de la empresa, en especial con el área de Comercialización (Ventas), optimizando lo procesos de comunicación a través de formatos y formularios que constan el manual de calidad.

3. Según Ramos (2004), en su tesis *"Sistema de planificación de los requerimientos de materiales en una industria alimenticia"* realizo una La implementación de la metodología utilizada para la planificación de los requerimientos de materiales, permite contar con el nivel adecuado de los materiales necesarios para la manufactura de los productos en las cantidades especificadas para cada período. El desarrollo de las herramientas de cómputo permitirá ejecutar de manera ágil los cálculos necesarios para realizar la planeación de los requerimientos de materiales, permitiendo también un mejor control de los materiales utilizados en el proceso de producción.

A demás el modelo permite a la empresa ser más eficiente en el control de inventarios, ya que el manejo y administración de los materiales se lleva a cabo por medio de un sistema de cómputo, además permite que cada unidad que integra el proceso productivo pueda acceder a la información disponible en dicho sistema, lo que permite agilizar la obtención de información necesaria para la toma de decisiones en las distintas áreas del sistema productivo.

b) Nacionales

1. Según Jara & Sánchez (2016), en su tesis "*Propuesta de un sistema de planeamiento y control en el área de producción de la empresa minera P'HUYU YURAQ II E.I.R.L. para incrementar la productividad de cal viva*"; Esta investigación tuvo como propósito proponer un sistema de planeamiento y control de la producción, empezando por el diagnóstico situacional de la empresa, identificándose los diversos problemas que éstas presentaba.

Con la aplicación de la propuesta de mejora los resultados obtenidos fueron óptimos ya que nuestros indicadores arrojaron resultados que demuestran que la productividad en la empresa mejoraría al proponer al cierre de la planta Puyucana, por ejemplo producción de mano de obra se ha duplicado, los hornos son 50 % más productivos, la eficiencia física aumenta de 90.90% para la roca caliza a 95.24% y del carbón antracita de 95.23% a 97.56%, la eficiencia económica pasa de 141.08% a 182.43%, Por último, nuestro indicador de producción llegó a aumentar de un 85% a 96.69%.

2. Según Vásquez (2013), en su tesis "*Propuesta de un sistema de planificación de la producción aplicado a una empresa textil dedicada a la fabricación de calcetines*"; esta investigación tiene el objetivo de presentar una adecuada planificación de la producción, enfocándose en la manera cómo actualmente se planifican las operaciones de los centros de trabajo. Asimismo, se realiza la descripción del proceso de productivo, los materiales e insumos que se utilizan dentro de ésta y la distribución de las instalaciones.

En el siguiente punto, se realiza una evaluación de la gestión actual de la planta, desde los sistemas de información hasta el procedimiento de planificación, llegándose a la conclusión de que el sistema de producción más conveniente para la planta es el de planeamiento de recursos de manufactura.

Posteriormente, con la información real brindada por la empresa, se realiza la evaluación y comparación de los sistemas de planificación actual y propuesto, llegándose a la conclusión que la mejor manera de planificar la producción será integrando los pronósticos realizados por la empresa y las estrategias de producción realizadas en el plan agregado.

3. Según León (2013), en su tesis *“Propuesta de implementación de la teoría de restricciones para incrementar la eficiencia del sistema logístico del área de procura e importaciones de la empresa GyM S.A.”*; tiene por objetivo general el diseño de una Propuesta de Implementación de la Teoría de Restricciones a un Sistema Logístico garantizando la disponibilidad óptima en sus procesos, permitiendo obtener un modelo de solución basada en relaciones causales dirigidas a la identificación de los elementos perturbadores y en la construcción de un proceso de mejora continua que permita al sistema llegar a su meta.

Con el presente estudio de investigación, se determinó que la propuesta de implementación de la teoría de las restricciones incrementará la eficiencia del Sistema Logístico del área de Procura e Importaciones, de 21.84% a 60%.

4. Según Vargas (2011) en su tesis *“Diseño de un sistema logístico de abastecimiento para la gerencia de red de una empresa de telecomunicaciones utilizando la teoría de las restricciones”*; Ha sido formulada utilizando los conceptos provenientes de la Teoría de Inventarios y la Teoría de Restricciones, constituyéndose esta última en un soporte metodológico para la obtención de un Sistema que permita optimizar el abastecimiento de los materiales necesarios para la Red Celular.

El diagnóstico fue realizado mediante la utilización de un árbol de realidad actual, cuyos EIDES fueron obtenidos en la etapa de análisis. Esta herramienta permitió determinar que existen dos procesos cíclicos en la problemática de la logística de la red celular; de los cuales, uno consiste en el crecimiento del número de fallas en la red e implica una mayor necesidad de repuestos y tiempo de dedicación del personal técnico a las labores relacionadas con el abastecimiento, además del incremento de la realización de reparaciones informales; el otro muestra como la problemática de la red celular va creciendo progresivamente debido a que se incrementa la ineficiencia y el costo de la logística en general, generándose de esta forma ramificaciones relacionadas con las limitaciones de los recursos humanos, con la política de preferencia de las necesidades de expansión de la red por encima de las reposiciones de materiales y con la mayor presión ejercida por la competencia entre otros aspectos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Productividad

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. Dado que la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones.

En este sentido amplio, la productividad se define como:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Para incrementar la productividad, se tratará que la razón de salida a entrada sea lo más grande posible. La productividad es lo que se conoce como una medida relativa; es decir, para que tenga significado, se debe comparar con otra cosa. Por ejemplo, ¿qué diría el hecho de que la semana pasada al operar un restaurante su productividad fue de 8.4 clientes por hora-hombre? ¡Absolutamente nada! La productividad se puede comparar en dos sentidos. En primer término, una compañía se puede comparar con operaciones similares de su mismo sector o, si existen, puede utilizar datos del sector (por ejemplo, comparar la productividad de diferentes establecimientos de una misma franquicia). Otro enfoque sería medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo. En este caso se compararía la productividad registrada en un periodo determinado con la registrada en otro. (Chase, Jacobs, & Aquiliano, 2009, p.28)

La productividad se enfoca en el resultado. Es la relación Output/Input en un lapso de tiempo específico (por año, mes, día, hora). Mide la relación bienes y/o servicios elaborados sobre recursos utilizados, el criterio de incremento de la productividad es elevar el output o reducir el input comparando entre periodos de tiempo. La unidad de medida puede ser en unidades físicas o valores monetarios. Si partimos de que la productividad son determinables de la relación producto–insumo entonces existen teóricamente tres formas de incrementarlos:

- a) Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- b) Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- c) Aumentar el producto y reducir el consumo de insumo

Entonces la productividad es el grado con el que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos, en nuestro caso el objetivo es cumplir con el plazo de entrega del pedido reduciendo los costos de producción, en el cual esta involucrados en el buen uso de los recursos. . (Acevedo & Cachay, 2010, p.13)

2.2.1.1. Eficiencia y productividad

La estrategia de operaciones eficaz se mide por sus resultados exitosos. Los indicadores que sintetizan la capacidad de operaciones de la empresa son la eficiencia, la productividad, la eficacia y la efectividad, la eficiencia se refiere a costos y recursos, la productividad se refiere a ventas y producción, la eficacia se refiere al nivel de logro de los objetivos, la efectividad se refiere a la brecha entre lo planeado y alcanzado.

Eficiencia y productividad son los conceptos que se emplean conjuntamente cuando se trata de medir y comparar los resultados económicos y desempeño de la capacidad operativa de la empresa.

Los indicadores de eficiencia y productividad se emplean para medir el desempeño de la empresa, en comparación a sus competidores. Todo sistema empresarial puede ser al mismo tiempo productivo y eficiente. Es productivo si logra los mayores resultados deseados con el mejor uso de los recursos y es eficiente si emplea razonablemente los insumos para lograr la producción deseada. Si estos indicadores mantienen nivel de clase mundial, la empresa estaría en la capacidad de competir en diferentes segmentos de mercado local o ingresar a mercados internacionales.

La productividad es la relación inversa de la eficiencia. La eficiencia mejorada permite desarrollar esquemas óptimos de recursos, lo que se complementa con la productividad mejorada.

$$Productividad = \frac{Output}{Input} = \frac{1}{Eficiencia}$$

Existe estrecha relación entre productividad – eficiencia con calidad – costo. Cuando aumenta la calidad, aumenta la productividad, ya que se reduce la merma por productos defectuosos y se elimina el reproceso. Cuando aumenta la eficiencia en el uso de recursos, se mejora la eficiencia, ya que se reducen los desperdicios de insumos, las compras y el volumen de materia primas son menores y se libera espacio por menores inventarios de materia prima.

La medición de la eficiencia permite identificar el buen o el mal uso de los recursos de la empresa, su importancia dentro de la estructura de costos y gasto, también permiten identificar posibles restricciones y cuellos de botella. La productividad para ser significativa debe compararse consigo misma o entre sus propias unidades de negocio entre periodos (generalmente anuales) estas unidades pueden ser totales, financieras, unifactoriales o multifactoriales. (Acevedo & Cachay, 2010, p.38)

Indicadores de productividad

Productividad de los factores de producción

$$Productividad\ Total = \frac{Producto}{Mano\ de\ Obra + Capital + Materiales + Energia}$$

$$Productividad\ MO = \frac{Producto}{Mano\ de\ Obra} ; Productividad\ Capital = \frac{Producto}{Capital}$$

$$Productividad\ Materiales = \frac{Producto}{Materiales} ; Productividad\ Energía = \frac{Producto}{Energía}$$

Fuente: Acevedo y Cachay, 2010 (p.38)

2.2.2. Planificación y control de la producción (PCP)

El planeamiento y control de la producción, es la actividad que permite coordinar y conducir todas las operaciones de un proceso productivo, con el objetivo de cumplir con los compromisos asumidos, con los clientes de la empresa.

Un Sistema PCP permite administrar eficientemente el abastecimiento de materiales u la coordinación con los proveedores la programación y lanzamiento de la fabricación, el manejo del personal y la utilización de la capacidad instalada, el manejo y control de los inventarios de materias primas y productos terminados, y suministra además la información necesaria para poder coordinar las necesidades de los clientes de la empresa.

El Sistema de Planificación y Control de la producción importa la realización de las siguientes tareas básicas:

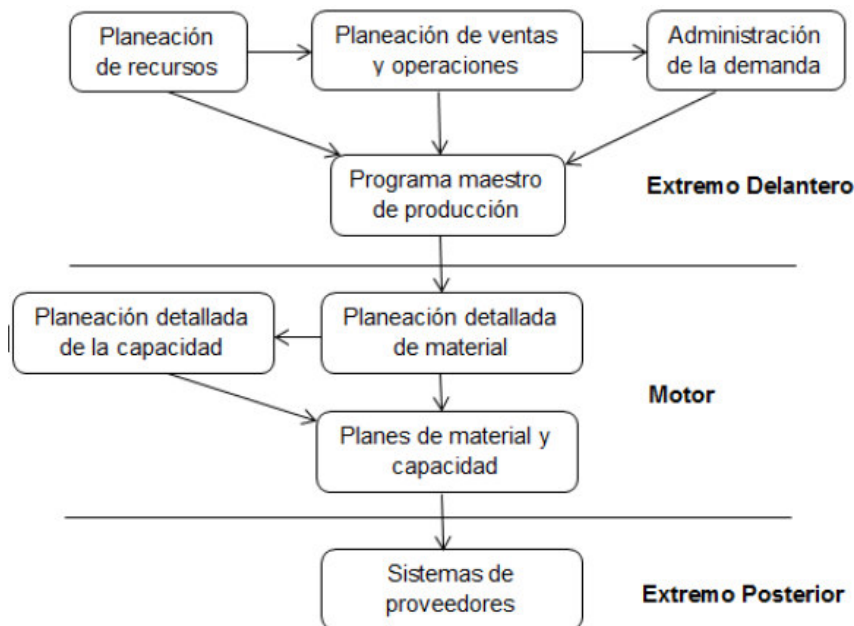
- Planificar las necesidades de capacidad y prever la disponibilidad para seguir los cambios del mercado.
- Planificar que los materiales se reciban a tiempo y en la cantidad correcta que se necesita para la producción.
- Asegurar la utilización apropiada de los equipos y las instalaciones.
- Mantener inventarios apropiados de materia prima, productos en procesos y productos terminados.
- Controlar que la producción se realice dentro de los estándares de tiempo previsto y con la mejor eficiencia posible.
- Realizar el seguimiento al material, personal, pedidos de clientes, equipos y otros recursos de fábrica.
- Comunicarse con los clientes y proveedores para tratar sobre los aspectos específicos y las relaciones a largo plazo.
- Proporcionar información a otras áreas de la empresa sobre los aspectos económicos y financieros de las actividades de la fabricación. (Rojas, 2013)

El sistema PCP permite gestionar adecuadamente los procesos de la organización, este sistema está integrado por subsistemas que interactúan de

manera ordenada para conseguir el objetivo que es mejorar y optimizar la productividad de la organización.

Vollmann (2005) señaló que “Son sistemas integrados cuya finalidad es administrar con eficiencia el flujo de materiales, la utilización del personal, equipo y responder a los requerimientos de los clientes utilizando la capacidad de los proveedores, de las instalaciones internas y la de los propios clientes para cumplir la demanda del cliente” (pág.4). El sistema de PCP esta ordenado jerárquicamente que contiene los planes agregados, planes maestros y las ejecuciones.

Figura N° 4: Esquema de un sistema de planificación y control



Fuente: Thomas E. Vollman, 2005 (p.10)

2.2.2.1. Factores generadores y calificadores de pedidos

Para comenzar este análisis, primero debe reconocerse que existen varias dimensiones por medio de las cuales los clientes que forman parte del mercado pueden evaluar la conveniencia de adquirir cierto producto o servicio de un productor dado. Algunas de las más importantes dimensiones de la competencia incluyen: (Chapman, 2006, p.7).

1. Precio. Generalmente está relacionado con el costo del producto o servicio. Hay dos tipos principales de categorías de precio:

- a. Precio estándar, como un precio de lista.
- b. Precio a la medida, por lo general negociado.

2. Calidad. Existen dos aspectos importantes a considerar.

- a. Calidad tangible, que incluye aquellos aspectos para los cuales pueden desarrollarse mediciones específicas, entre ellas mediciones de calidad estándar como conformidad, confiabilidad y durabilidad.
- b. Calidad intangible, que incluye aquellos aspectos que pueden tener valor para el cliente, aunque sea difícil medirlos de manera específica; por ejemplo, reputación (marca), estética, receptividad y servicio al cliente.

3. Entrega. Nuevamente existen dos aspectos principales:

- a. Velocidad: qué tan rápido puede ser entregado el producto o servicio.
- b. Confiabilidad: una vez que se realiza una promesa de entrega, ¿se cumple?

4. Flexibilidad. Dos cuestiones principales deben ser consideradas:

- a. Volumen: ¿el productor puede generar fácilmente un amplio rango de volúmenes de productos?
- b. Variedad: ¿el productor puede generar fácilmente un amplio rango de diseños y/o opciones de productos?

2.2.2.2. Análisis de procesos y flujos de información

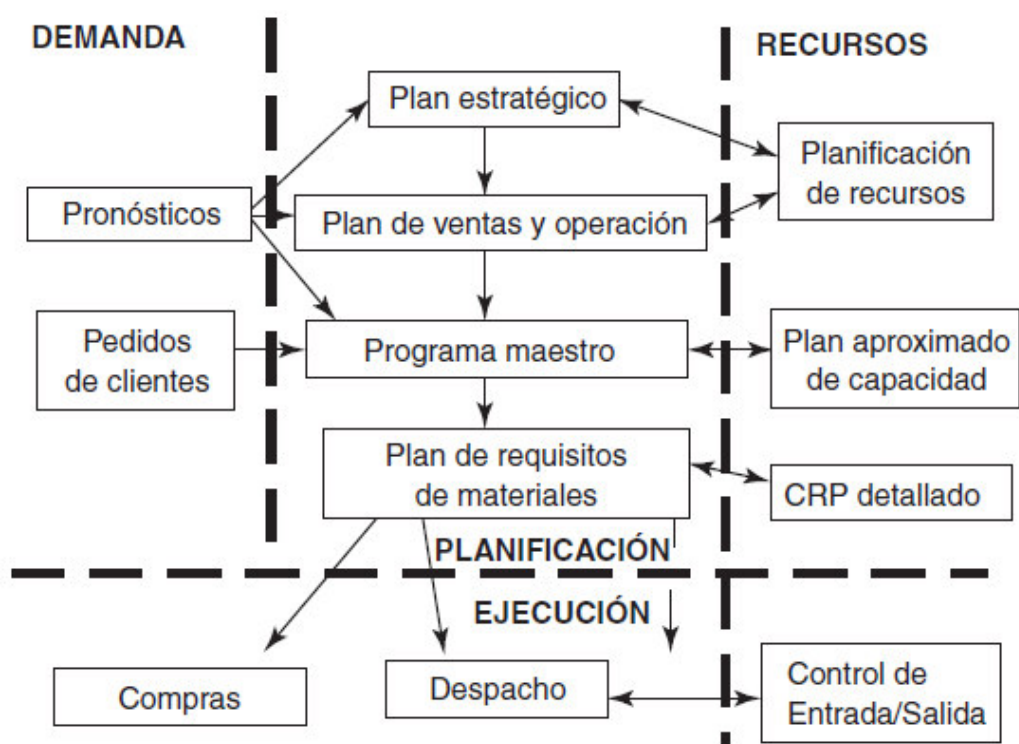
1. Mapeo de procesos. El mapeo de procesos implica desarrollar un flujo detallado de la información y las actividades utilizadas para producir alguna actividad definida. Con frecuencia indica tiempos para estas actividades, y determina la asignación de responsabilidades. El desarrollo y análisis de estos mapas de procesos puede emplearse para establecer

- la integridad: ¿se toman en consideración todas las actividades y transacciones de mayor importancia?
- la eficiencia: ¿existen actividades o transacciones innecesarias que, por lo tanto, incrementan el costo sin añadir valor?
- la redundancia: ¿existen actividades múltiples que básicamente ejecutan la misma tarea o recopilan la misma información más de una vez?

2. Mejoramiento de procesos. Durante los años recientes se han desarrollado varios métodos para evaluar y mejorar procesos. Algunos de ellos evolucionaron dentro de un enfoque conocido como Kaizen, término japonés que tiene el significado general de “mejora continua”. Su objetivo tiende a incrementar la mejoría, en oposición a un mejoramiento radical de procesos.

3. Mapeo de cadena de valor. Por lo general, se considera que este enfoque para el análisis y el mejoramiento de procesos tienen relación con la Producción esbelta, pero podría ser utilizado de forma efectiva en prácticamente cualquier ambiente. (Chapman, 2006, p.11).

Figura N° 5: Flujo general de las actividades de la planificación y control



Fuente: Chapman, 2006, (p.12).

2.2.3. Pronóstico de la demanda

La formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro. Observe que en esta definición el pronóstico no es realmente una predicción, sino una proyección estructurada del conocimiento pasado. Existen varios tipos de pronóstico, utilizados para distintos propósitos y sistemas. Algunos son modelos agregados de **largo plazo** que se emplean, precisamente, en la planificación de largo plazo, como la determinación de necesidades de capacidad general, el desarrollo de planes estratégicos, y la toma de decisiones estratégicas de compra de largo plazo. Otros son pronósticos de **corto plazo** para demanda de productos particulares, utilizados para la programación y el lanzamiento de la producción, antes de conocer las órdenes reales del cliente. (Chapman, 2006, p. 17).

2.2.3.1. Principales categorías de pronóstico

Existen dos tipos fundamentales de pronósticos: cualitativos y cuantitativos. Debajo de los tipos cuantitativos hay dos sub-categorías: de series de tiempo y causales.

a) Pronósticos cualitativos

Como indica su nombre, los pronósticos cualitativos son aquellos que se generan a partir de información que no tiene una estructura analítica bien definida. Este tipo de pronósticos resulta especialmente útil cuando no se tiene disponibilidad de información histórica, como en el caso de un producto nuevo que no cuenta con una historia de ventas. Algunos de los métodos más comunes de pronóstico cualitativo incluyen encuestas de mercado, Delphi o consenso de panel, analogías de ciclo de vida y valoración informada. (Chapman, 2006, p. 19).

b) Pronósticos cuantitativos: método causal

El primero de los dos métodos de pronóstico cuantitativo que analizaremos se denomina causal. Algunas de las características clave de este método son:

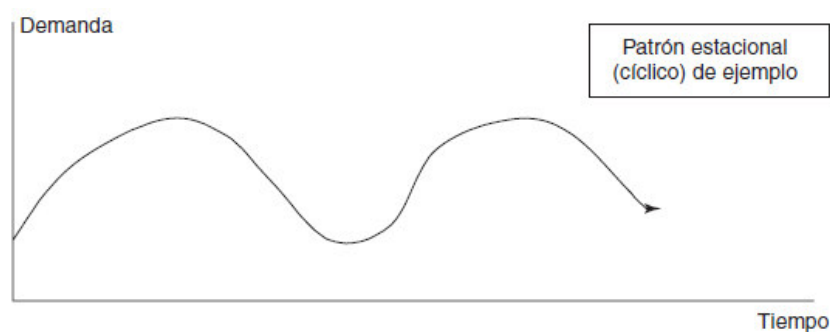
- Se basa en el concepto de relación entre variables; es decir, en la suposición de que una variable medida “ocasiona” que la otra cambie de una forma predecible.

- Parte de un supuesto importante de causalidad, y de que la variable causal puede ser medida de manera precisa. La variable medida que ocasiona que la otra variable cambie con frecuencia se denomina “indicador líder”. Por ejemplo, el inicio de la construcción de nuevas viviendas suele utilizarse como indicador líder para desarrollar pronósticos en muchos otros sectores de la economía.

c) Pronósticos cuantitativos: series de tiempo

Los pronósticos de series de tiempo también son los más utilizados por los responsables de operaciones cuando se encuentran con la necesidad de hacer proyecciones para realizar planes de producción razonables. El motivo es simple: las otras dos principales categorías de pronósticos (cualitativos y causales) requieren cierto conocimiento del mercado y/o ambiente externo. (Chapman, 2006, p. 22).

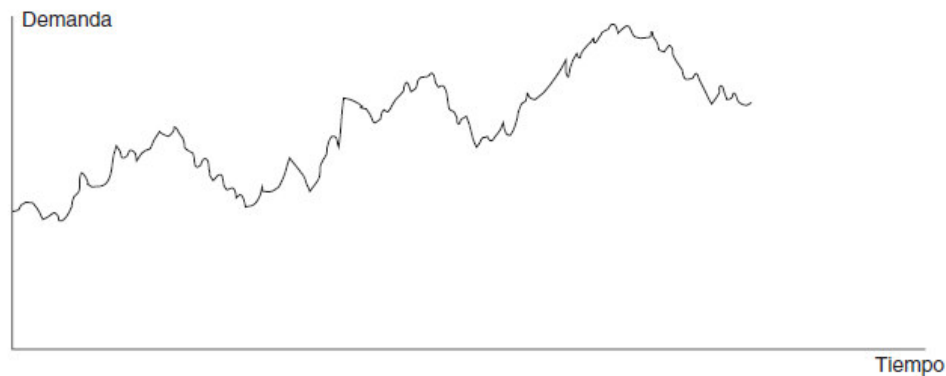
Figura N° 6: Patrón estacional de demanda



Fuente: Chapman, 2006, (p.25).

Si colocáramos un patrón aleatorio junto a un patrón de tendencia y a uno estacional, obtendríamos un patrón de demanda similar al patrón que enfrentan muchas compañías para sus productos o servicios. Por ejemplo, un patrón aleatorio estacional con una tendencia de incremento lineal se vería similar al que se ilustra.

Figura N° 7: Demanda compuesta con patrones de estacionalidad, tendencia y aleatoriedad



Fuente: Chapman, 2006, (p.25).

Una vez que se han descrito los patrones básicos, podemos analizar algunos de los métodos de series de tiempo más simples que se han desarrollado para pronosticar la demanda, tomando en cuenta la existencia de dichos patrones.

Los **promedios móviles simples** son, como su nombre lo indica, nada más que el promedio matemático de los últimos periodos recientes de la demanda real. La ecuación general para obtenerlos tiene la siguiente forma: (Chapman, 2006, p. 26).

$$F_t = \frac{A_{t-n} + A_{t-n+1} + \dots + A_{t-1}}{n}$$

Donde:

F es el pronóstico

t es el periodo de tiempo actual, lo que significa que F_t es el pronóstico para el periodo de tiempo actual.

A_t es la demanda real en el periodo **t**,

Y n es el número de periodos

Los **promedios móviles ponderados** son básicamente lo mismo que los promedios móviles simples, aunque con una excepción importante. Con los promedios móviles ponderados el peso asignado a cada punto de demanda pasado que se utilice en el cálculo puede variar. De esta forma es posible asignar

mayor influencia a ciertos puntos de información, por lo general al punto de demanda más reciente. La ecuación básica para calcular promedios móviles ponderados es el siguiente:

$$F_1 = W_1A_{t-1} + W_2A_{t-2} + \dots + W_nA_{t-n} \quad \text{donde} \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1$$

En términos más sencillos, cada uno de los pesos es menor a uno, pero su suma total debe ser equivalente a 1. (Chapman, 2006, p. 28).

El **suavizado exponencial simple** es otro método utilizado para suavizar las fluctuaciones aleatorias en el patrón de demanda. Las dos fórmulas (matemáticamente equivalentes) que se emplean más comúnmente para calcularlo son:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \text{ o } F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \text{ donde } 0 \leq \alpha \leq 1$$

La **regresión**, conocida en ocasiones como “línea de mejor ajuste”, es una técnica estadística para intentar ajustar una línea a partir de un conjunto de puntos mediante el uso del mínimo error cuadrado total entre los puntos reales y los puntos sobre la línea. Una de las bondades de la regresión es que permite determinar ecuaciones de líneas de tendencia. La forma general de la ecuación de regresión es:

$$Y = aX + b,$$

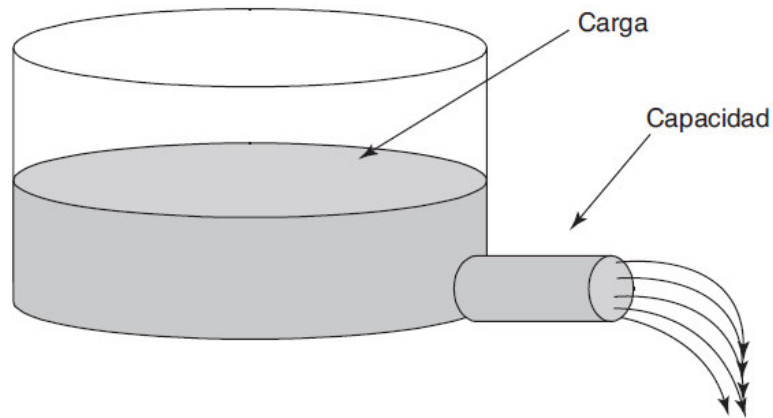
Donde ‘a’ es la pendiente de la línea, y ‘b’ es la intersección X. (Chapman, 2006, p. 32).

2.2.4. Capacidad de producción

La planificación de la capacidad es el proceso que consiste en reconciliar la diferencia entre la capacidad disponible del proceso y la capacidad requerida para administrar de manera apropiada una carga, con el objetivo de satisfacer los tiempos de producción para el cliente específico cuyos pedidos representan la carga. Una vez que la carga y la capacidad disponible se miden, el proceso de planificación básicamente requiere que el responsable de la planificación ajuste esta última para atender la carga o, en algunos casos, ajustar la carga a la

capacidad disponible. En el último caso (ajuste de la carga) suele existir muy poca flexibilidad en la capacidad disponible. Tal vez resulte por completo imposible modificar la capacidad disponible, sobre todo en el corto plazo. (Chapman, 2006, p. 165).

Figura N° 8: Representación gráfica de la carga y la capacidad



Fuente: Chapman, 2006, (p.164).

2.2.4.1. Control de entrada/salida (e/s)

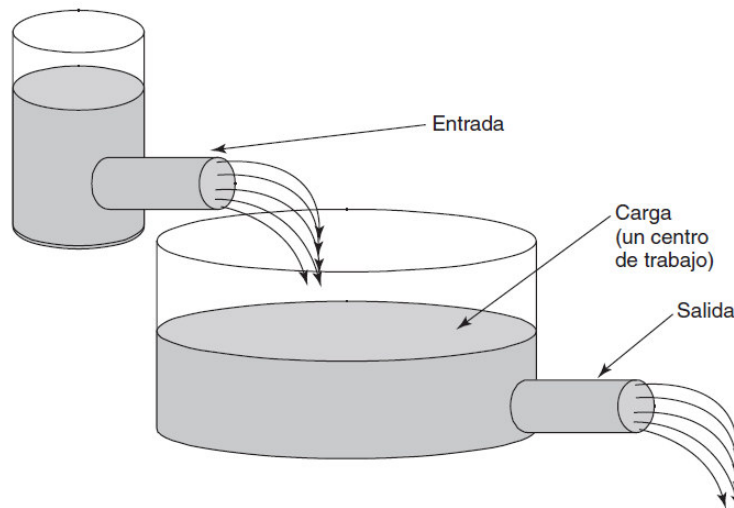
La palabra clave en la descripción de este método es control. Esto significa que no se trata de una herramienta de planificación, sino de un método desarrollado para controlar la capacidad de la operación una vez que los pedidos para los requerimientos han sido liberados. Incluso el nivel en que se utiliza este método es distinto, ya que casi siempre se implementa (en las operaciones en que tiene cabida) a nivel del centro de trabajo. La intención real es supervisar y regular las horas totales laboradas en todos los centros, en un intento por controlar el flujo de trabajo que entra y sale de ellos.

Otra importante ventaja de utilizar este método radica en que permite identificar posibles fuentes de problemas al mantener un flujo de actividad apropiado dentro de la operación.

Utilizando la misma analogía con la que abrimos este capítulo, en donde un centro de trabajo es similar al líquido almacenado en un tanque, podríamos decir

que el principal propósito del control de entrada/salida es vigilar la cantidad de líquido (carga), regulando tanto la cantidad de líquido que ingresa al tanque (entrada) como de la cantidad de líquido que fluye de él (salida). (Chapman, 2006, p. 171).

Figura N° 9: Analogía del tanque de líquido para el control de Entrada/Salida



Fuente: Chapman, 2006, (p.171).

2.2.4.2. Medidas de capacidad

Es muy importante señalar que, al utilizarlas, siempre debe existir cierto escepticismo respecto de la precisión de la medida, sobre todo porque casi todas ellas emplean estándares de tiempo de alguna manera. Como se mencionó antes, el desarrollo de estándares de tiempo depende de algunos factores subjetivos (específicamente, el uso de un índice de desempeño y la aplicación de una reserva para retrasos inevitables). Sin embargo, un aspecto de mayor importancia es la manera en que los estándares de tiempo cambian a lo largo del tiempo.

- **Utilización.** En general, la utilización muestra las horas máximas que podemos esperar estará activo el centro de trabajo. Muchos factores pueden afectar el número de horas que el equipo es susceptible de utilizarse, incluyendo

problemas con las máquinas, ausentismo laboral, problemas con materiales y otros tipos de retrasos. Por lo tanto, la utilización se define como:

$$\text{Utilización} = (\text{Horas trabajadas})/(\text{Horas disponibles}) \times 100\%$$

O, desde una perspectiva de producto:

$$\text{Utilización} = (\text{salida real})/(\text{capacidad de diseño}) \times 100\%$$

- **Eficiencia.** La eficiencia mide básicamente la salida real de un área definida, en comparación con la tasa estándar de producción en el mismo número de horas. Por supuesto, la tasa estándar de producción se basa en los estándares de tiempo. Dado el análisis anterior, resulta fácil observar cuántas operaciones pueden lograr una eficiencia superior al 100 por ciento.

$$\text{Eficiencia} = (\text{horas estándar producidas})/(\text{horas trabajadas}) \times 100\%$$

O, desde una perspectiva de producto:

$$\text{Eficiencia} = (\text{tasa de producción actual})/(\text{tasa de producción estándar}) \times 100\%$$

- **Capacidad nominal.** Se define como el producto del tiempo disponible, la eficiencia y la utilización.

$$\text{Capacidad nominal} = (\text{tiempo disponible}) \times (\text{eficiencia}) \times (\text{utilización})$$

- **Capacidad demostrada.** Como indica su nombre, la capacidad demostrada es la salida de la capacidad real, de acuerdo con los registros de producción. (Chapman, 2006, p. 172).

2.2.4.3. Método general de para la administración de la capacidad

Es una actividad de gran importancia para la dirección de una operación. Los mejores planes y programas de producción prácticamente no tendrán utilidad si no se determina la cantidad de capacidad apropiada para ejecutar tales planes.

Por lo tanto, la clave de la administración de la capacidad radica en comparar constantemente la capacidad disponible con la capacidad requerida para cumplir las necesidades de los clientes, según se definen en el PMP y en el MRP. Si existe una diferencia, el administrador responsable analizará las opciones y tomará la decisión que dé la mejor eficiencia de costos posible. El factor principal se centra entonces en el uso de soluciones de relativamente corto plazo para administrar la cantidad y tipo de capacidades disponibles para procesar la carga.

- Tiempo extra
- Subcontratación
- Contratación/despido de empleados
- Contratación de trabajadores temporales
- Desplazamiento de trabajadores de un centro de trabajo a otro (lo que supone flexibilidad por parte de la fuerza de trabajo)
- Utilización de rutas alternativas para el trabajo (aun cuando la trayectoria alternativa no sea igual de efectiva en algunos casos). De hecho, muchas empresas se han percatado de que si cuentan con una operación más eficiente que las alternativas, todas las tareas se seleccionarán para utilizarla, provocando con ello que se sature. Utilizar una operación menos eficiente puede ser preferible a no entregar el pedido a un cliente en la fecha prometida.

Sin embargo, la “buena noticia” es que si se ha hecho un buen trabajo de proyección y los pronósticos resultantes se han utilizado para realizar una planificación efectiva de ventas y operaciones, es probable que los recursos correctos estén en su lugar. (Chapman, 2006, p. 173).

2.2.5. Planificación agregada

Un plan agregado significa agrupar los recursos correspondientes en términos generales o globales. Dada la previsión de la demanda, la capacidad de la instalación, los niveles de inventario, la platilla y los inputs relacionados , el planificador tiene que seleccionar la tasa (volumen) de producción de la instalación durante los próximos 3 a 18 meses.

2.2.5.1. Estrategias de una planificación agregada

Existen varias preguntas que el director de operaciones debe responder cuando hace un plan agregado.

1. ¿Se debe utilizar los inventarios para absorber los cambios en la demanda durante el periodo de planificación?
2. ¿Debe la empresa ajustarse a los cambios variando el tamaño de la plantilla?
3. ¿Debe utilizar empleados a tiempo parcial o utilizar las horas extras y el tiempo de inactividad para absorber las fluctuaciones?

4. ¿Debe utilizar las subcontrataciones durante las fluctuaciones de pedidos para mantener la plantilla estable?
5. ¿Deben modificar los precios u otros factores para influir sobre la demanda? (Heizer y Render,2008, p.114)

Tabla N° 1: Opciones mixtas para desarrollar un plan agregado

Opciones	Ventajas	Desventajas	Comentarios
Cambiar los niveles de inventario.	Los cambios de recursos humanos son graduales o nulos; no hay cambios bruscos en la producción	Los costos de mantenimiento de inventario pueden aumentar. Las rutas de stock pueden provocar pérdidas de ventas	Se aplica fundamentalmente a operaciones de producción, no de servicios.
Variar el tamaño de la plantilla contratando y despidiendo personal.	Evita los costos de otras alternativas.	Los costos de contratación. Despidos y formación pueden ser importantes.	Utilizado donde existe mucho mano de obra.
Variar los volúmenes de producción mediante horas extras o aprovechando las horas de inactividad.	Equilibra las fluctuaciones estacionales si costos de contratación / formación	Primas por horas extras; empleados cansados; puede no satisfacer la demanda.	Permite la flexibilidad dentro de la planificación agregada.
Subcontratación	Permite flexibilidad y suavizar la producción de la empresa.	Pérdida de control de la calidad. Beneficios reducidos. Pérdida de futuros negocios.	Se aplica principalmente a entornos de producción.
Utilizar empleados a tiempo parciales.	Menos costes y más flexibilidad y suavizar la producción de la empresa.	Costes elevados de renovación / formación; la calidad sufre difícil programación.	Indicado para trabajos no cualificados en zonas con gran disponibilidad de mano de obra temporal.
Combinación de productos y servicios con ciclos de demanda complementaria.	Utiliza totalmente los recursos. Permite una mano de obra constante.	Pueden exigir habilidades o equipos que están fuera de las áreas de experiencia de la empresa.	No es fácil de encontrar productos o servicios con patrones de demanda opuestos.

Fuente. Heizer y Render,2008, (p.117)

2.2.5.2. Métodos de planificación agregada

a) Métodos de tabla y gráficos

Básicamente estos planes funcionan con unas pocas variables al mismo tiempo para permitir a los planificadores comparar la demanda estimada con la capacidad existente. Son métodos de prueba y error que no garantiza un plan de producción óptima, pero requiere solo unos pocos cálculos sencillos y pueden ser realizados por el personal de oficina. Los métodos gráficos siguen estos cinco pasos.

1. Determinar la demanda de cada periodo.
2. Determinar la capacidad con el horario del trabajo regular, en las horas extras y la subcontratación de cada periodo.
3. Hallar los costes de la mano de obra, los de contratación, de despido y los costos de almacenamiento.
4. Considerar la política de la empresa que debe aplicarse a los trabajadores o a los niveles de existencia.
5. Desarrollar planes alternativos y examinar los costes totales.

b) Métodos matemáticos para la planificación

Modelo del transporte de la programación lineal, proporciona un plan óptimo para minimizar los costes. Es también flexible en tanto que puede especificar la producción a efectuar en horario normal o en horas extras para cada periodo de tiempo, el número de unidades que deben ser subcontratados, los turnos de trabajo extras y el inventario transferido de un periodo al siguiente.

Modelo de los coeficientes de gestión, constituye un modelo formal basado en las experiencias y en la eficacia de un directivo. Este modelo utiliza un análisis de regresión de las decisiones de producción pasadas tomadas por los directivos. La línea de regresión proporciona la relación entre las variables (tales como demanda y mano de obra) para decisiones futuras. (Heizer y Render, 2008, p.118)

2.2.6. Plan Maestro de producción (PMP)

Es el plan detallado de todos los artículos que serán producidos durante un periodo de tiempo planeado. La programación maestra contiene los aspectos concretos de la producción de cada producto individual, la que se toma altamente compleja debido a las múltiples posibilidades. Pero las empresas tienen muchas combinaciones u opciones ya que no es posible predecir exactamente la combinación de productos que demanda el cliente.

El Plan Maestro de Producción (PMP) determina la cantidad exacta de cada uno de los productos que se elaboran en el presente horizonte de planeación a corto plazo, por lo general, este horizonte es semanal. Al finalizar la semana, los productos finales serán enviados al almacén de productos terminados y luego remitidos al almacén del cliente.

El objetivo del PMP es programar la producción requerida para cubrir la demanda solicitada por el área de mercadotecnia o ventas, de manera que se cumpla con lo pedido por los clientes mediante el uso eficaz de la capacidad de producción, mantenimiento la estabilidad de la velocidad de producción y evitando el exceso o falta de máquina.

1. Su importancia radica en que constituye el enlace real entre planeación de largo plazo y la programación de corto plazo, permite la coordinación entre ventas y producción. (Acevedo & Cachay, 2010, p.161).

2.2.6.1. Funcionamiento del Programa Maestro de Producción.

El Programa Maestro de Producción concreta el pronóstico de ventas o el plan agregado de la producción y lo plasma en unidades de productos terminados.

La secuencia del Programa Maestro de Producción se detalla a continuación:

2. Cuantificar los pedidos derivados de la producción o de ventas.
3. Definir la cantidad y tipo de productos por semana.
4. Determinar los inventarios finales disponibles y los inventarios de seguridad.
5. Determinar los plazos y límites de tiempo para cubrir lo solicitado.
6. Preparar detalladamente el Programa Maestro de Producción. (Acevedo & Cachay, 2010, p.161).

2.2.7. Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

Según Krajewski & Ritzman (2008) nos afirma. “Es un sistema computarizado de información que se desarrolló específicamente para ayudar a los fabricantes a administrar el inventario de demanda dependiente y programar los pedidos de reabastecimiento. Los datos de entrada de producción y una base de datos con registro de inventario” (p.676).

2.2.7.1. Propósito, objetivos y filosofía.

El propósito principal del sistema MRP es controlar los niveles de inventario, asignar prioridades y planificar la capacidad del sistema de producción. Se puede presentar de la siguiente manera:

- Inventario: para solicitar los componentes adecuados y la cantidad correcta en el momento oportuno.
- Prioridades: solicita en la fecha exacta y mantiene la validez de las fechas.
- Capacidad: planificar una carga completa y carga exacta, en el momento de revisión de las cargas.

En esencia el propósito para desarrollar un programa de requerimiento de materiales (MRP) es adquirir los materiales necesarios en el lugar adecuado y en el momento exacto. (Chase, Jacobs, & Aquiliano, 2009, p.598)

2.2.7.2. Ventajas de un sistema MRP.

Es necesario debido al gran volumen de materiales, suministros y componentes que forman parte de las líneas de producto, y la velocidad con que las empresas necesitan reaccionar ante los continuos cambios en el sistema. Cuando las empresas pasan de un sistema manual o incluso informatizado a un sistema MRP, logran ventajas como las siguientes:

- a) Precios más competitivos.
- b) Precios de venta más bajos.
- c) Niveles de inventarios más bajos.
- d) Mejora del servicio al cliente.
- e) Respuestas más rápidas a las demandas del mercado.

En resumen el sistema MRP proporciona a los directivos información anticipada de forma que conocen la producción planificada antes que los pedidos sean lanzados y al mismo tiempo ayuda a planificar la capacidad. (Gaither & Frazier, 1999, p.845)

2.2.7.3. Estructura y elementos del MRP

El archivo con la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y anota materiales, piezas y componentes, además de la secuencia que se elaboran los productos. Este BOM es uno de los principales elementos del programa MRP (los otros dos son el programa maestro y el archivo con los registros de inventarios). El archivo con la BOM se llama también archivo de estructura del producto o árbol del producto, porque muestra cómo se arma un producto. Contiene la información para identificar cada artículo y la cantidad usada por unidad de la pieza de la que es parte. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p.593)

2.2.8. Teoría de Restricciones (TOC)

El desarrollo de la Teoría de las Restricciones se le atribuye en su mayor parte a Goldratt, quien dirige su atención al mundo empresarial, a través de un gran número de libros, seminarios y otros medios de comunicación; existen varias obras que proporcionan revisiones de la historia y desarrollo de la TOC.

Se trata de un conjunto de árboles lógicos que proporcionan una hoja de ruta para el cambio, al abordar las tres preguntas básicas ¿qué cambiar?, ¿hacia qué cambiar? y ¿cómo causar el cambio? Ellas orientan al usuario en la toma de decisiones para la resolución de conflictos, permitiendo la identificación de problemas, construcción de la solución, la identificación de las barreras que deben superarse, y la implementación de las soluciones. (León, 2013)

2.2.8.1. El proceso de mejora continua

La TOC busca un mejoramiento focalizado, continuo y acelerado de un sistema. Para lograr esto de una manera rápida, Goldratt ha propuesto cinco pasos para generar la mejora continua, los cuales utilizan la restricción como el factor más importante para enfocar los esfuerzos de mejoramiento y necesitan 2 requisitos previos:

- **Pre - requisito 1:** Todo sistema tiene una meta, una razón de ser. Solo los dueños del sistema tienen el derecho de decidir sobre cuál va a ser la meta de la organización. Para efectos prácticos, la meta genérica para las empresas con fines de lucro es “Ganar más dinero tanto ahora como en el futuro”. Hay que enmarcar esta meta dentro de las necesidades de los grupos de poder, los cuales imponen las condiciones necesarias para seguir la meta, estos son: los accionistas, los clientes, los empleados, la comunidad, el gobierno, etc.
- **Pre – requisito 2:** Si se tiene una meta para la organización es necesario establecer un sistema de medidas que nos indiquen si nuestras acciones nos están llevando a la consecución de la meta del sistema. TOC define como medidas principales a: Throughput, inventario y gasto operativo. (Goldratt & Cox, 1993)

Cinco pasos de la focalización

Luego de haber definido los requisitos previos para la aplicación del proceso de mejora continua, se detalla a continuación los pasos explicados para el enfoque TOC

- **Paso 1: Identificar la restricción:** para poder comenzar una mejora en el sistema se debe encontrar el factor limitante para el objetivo global elegido. El punto, como se ha visto, es encontrar aquello que evita y retiene al conjunto de mejorar.
- **Paso 2: Explotar la restricción:** El paso siguiente a la identificación de la restricción es su análisis, delimitando sus causas, impactos, etc. y la búsqueda de la manera adecuada para contrarrestar su efecto. Tiene otro aspecto que es el de tomar decisiones para no desperdiciar nada que entra y sale de la restricción, ya que cuenta como tiempo muerto de la planta y de la empresa como un todo.
- **Paso 3: Subordinar todo en la organización a la decisión de explotar la restricción.** La restricción tiene que marcar el paso de la empresa, del sistema,

por ende, todos los demás componentes de éste tienen que subordinarse para poder explotar el cuello de botella. Usualmente este es el paso más complicado que se tiene debido al cambio cultural que esto implica tradicionalmente.

- **Paso 4:** Elevar la restricción. Este es el momento en que nos debemos preguntar si la restricción se ha roto con el proceso de identificar y explotar la misma. Este es un caso común, y si así sucede, es momento de pasar directamente al paso 5, caso contrario, se busca tomar decisiones para elevar la capacidad de la restricción con la consecuente elevación del desempeño del sistema de forma integral. En este paso, muchas veces sí se necesita invertir en recursos, a diferencia del paso 2.
- **Paso 5:** Si la restricción se rompió en cualquiera de los pasos anteriores, regresar al paso 1, y no permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema. (Goldratt & Cox, 1993)

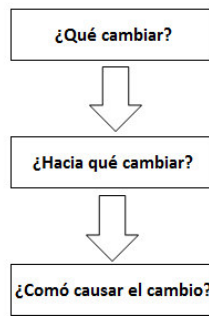
Una vez que se ha completado el paso 5, se ha roto la restricción, es decir que ya no limita el desempeño, sino que ahora ha nacido otra, se tiene que volver al paso 1 para re-evaluar la situación y lograr que esta elevación afecte positivamente al sistema. Sin embargo, no se tiene que despreciar el efecto de la inercia. En pocas palabras, cuando se convivía con la restricción anterior, se crearon muchas reglas de funcionamiento, de subordinación, de políticas, etc. (León, 2013)

2.2.8.2. Procesos de pensamiento sistemático

Los procesos de pensamiento, son la herramienta desarrollada para lograr hacer vida en una empresa el enfoque de mejoramiento continuo mencionado anteriormente, ya que es una ayuda clave para identificar, explotar y elevar las restricciones encontrando los puntos de subordinación necesarios.

Si el objetivo es asegurarnos que los esfuerzos de mejoramiento rindan los frutos deseados, es necesario responder a ¿Qué cambiar?, y deducir: ¿Hacia qué cambiar? y ¿Cómo causar el cambio?; es un proceso en cadena. (León, 2013)

Figura N° 10: Diagrama de las tres preguntas clave



Fuente. León (2013)

¿Qué cambiar?

El responder a esta pregunta es el primer paso para la implantación correcta de los Procesos de Pensamiento TOC en una organización, éste nos permite encontrar el conflicto medular sobre un tema de análisis, validar este conflicto medular e identificar las políticas, medidas y comportamientos que refuerzan la existencia de los efectos no deseados que se quiere eliminar, para esto es necesario guiar los esfuerzos por los siguientes mecanismos que el AGI ha probado durante décadas: proceso de nube genérica y árbol de realidad actual. Los diagramas de pensamiento utilizados son los siguientes:

a) Determinación de los EIDES

Los efectos indeseables consisten en hacer una lista de entre 7 a 10 síntomas incluidos en el tema principal (cosas que realmente molesten).

Para comprobar que los síntomas o EIDE's enunciados fueron correctamente desarrollados, estos deben cumplir los siguientes principios:

Enunciados completos

Un efecto, no una presunta causa, algo que su solución tiene, por lo menos, la remota posibilidad de cambiar.

Algo que existe en la realidad actual, tal como usted lo ha enunciado.

Negativo en su propio derecho No es una supuesta solución Un solo efecto, no hay los términos “y”, “porque” ni “como resultado de...”.

La lista de EIDE's debe abarcar todos los componentes/eslabones listado en el paso 1. (León, 2013)

Tabla N° 2: Evidencias de EIDES

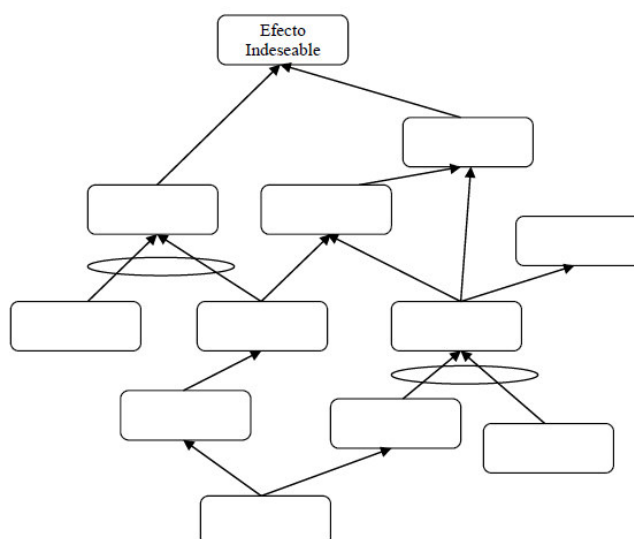
Mal EIDE	¿Por qué es malo?	Buen EIDE
Calidad	Enunciado incompleto	La calidad está disminuyendo
Las ventas están Cayendo	¿Es una causa o un efecto? ¿Cambiará usted?	La comunicación con nuestra oficina en Australia es terrible
No tenemos un sistema MRP	Presume una Solución	No tenemos un programa preciso y realista

Fuente. León (2013)

b) Árbol de realidad actual (ARA)

Es un diagrama que permite determinar el problema raíz del sistema en estudio conectando los efectos indeseables principales mediante relaciones de causa - efecto.

Figura N° 11: Árbol de realidad actual



Fuente. © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham
Y. Goldratt Institute – Citado por León (2013)

¿Hacia qué cambiar?

Existen cuatro fases principales para responder a la pregunta de hacia qué cambiar, y estas son:

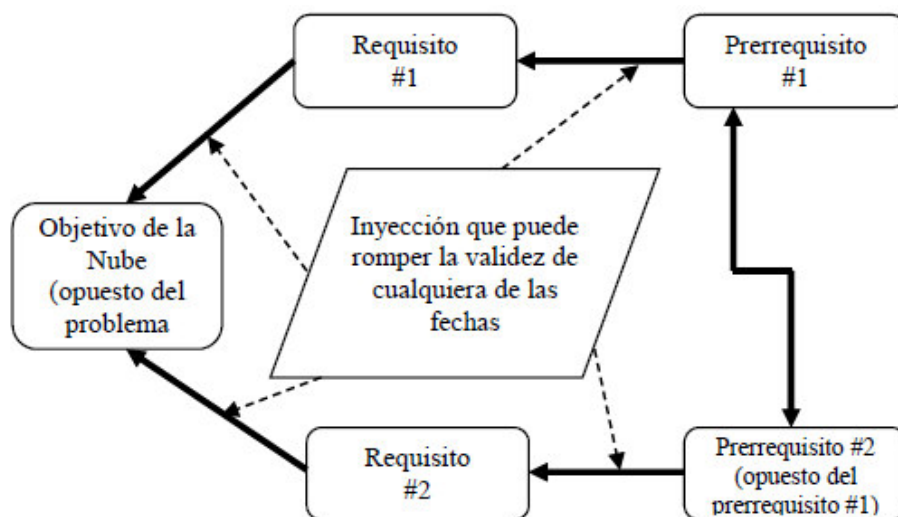
- Encontrar una manera de romper el Conflicto Medular de una vez por todas.
- Definir los Efectos Deseables (EDE's) y los Objetivos Estratégicos (SO's) de la solución.
- Construir una solución completa que resuelva todos los EIDE's.
- No crear ningún efecto secundario negativo.

Para determinar hacia qué cambiar se utilizan las siguientes herramientas del TOC:

1. Nube de evaporación de conflictos

El problema raíz se debe a la presencia de un conflicto no resuelto. La nube de evaporación de conflictos, permite descubrir la búsqueda de una idea capaz de resolver el cambio (definida como inyección) a través de la confrontación de los supuestos implícitos que originan el conflicto.

Figura N° 12: Nube de evaporación de conflictos

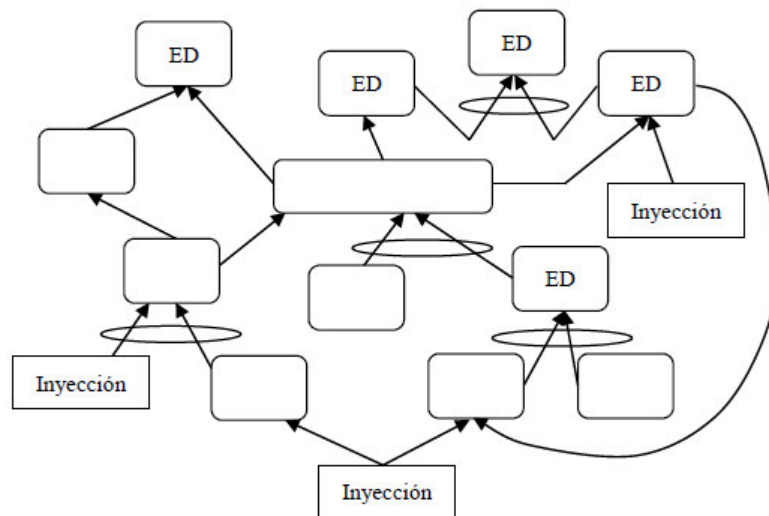


Fuente. © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham
Y. Goldratt Institute – Citado por León (2013)

2. Árbol de realidad futura (ARF)

Una vez obtenida la inyección que resuelve el conflicto, el árbol de realidad futura permite, utilizando como base la inyección, llegar a construir una solución que conlleve a los efectos deseables. Esta solución debe ser revisada, detectando y removiendo las ramas negativas del árbol de realidad futura, reemplazando éstas por nuevas inyecciones, hasta asegurar que la solución obtenida no lleva hacia nuevos efectos indeseables. (León, 2013)

Figura N° 13: Nube de Realidad Futura

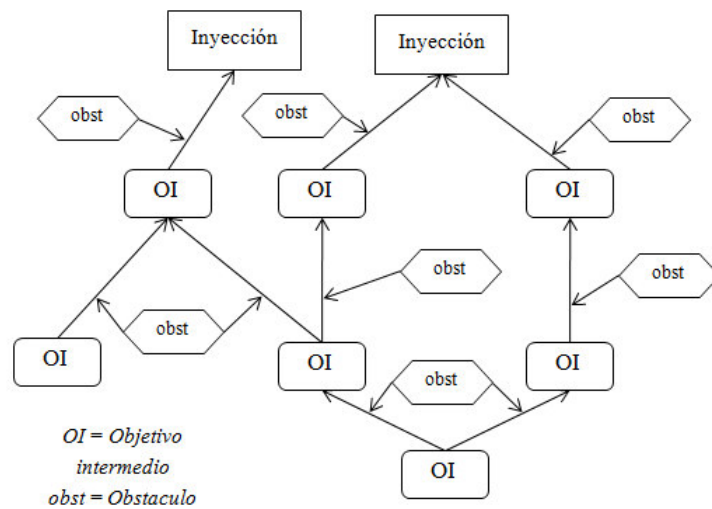


Fuente. © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham
Y. Goldratt Institute – Citado por León (2013)

3. Árbol de prerequisites:

La solución obtenida con el árbol de realidad futura, es dividida en un conjunto de objetivos intermedios relacionados, señalando los obstáculos que pueden presentarse y encontrando acciones que permitan lograr objetivos intermedios a fin de sobreponerse a estos. (Vargas, 2008)

Figura N° 14: Árbol de Prerrequisitos

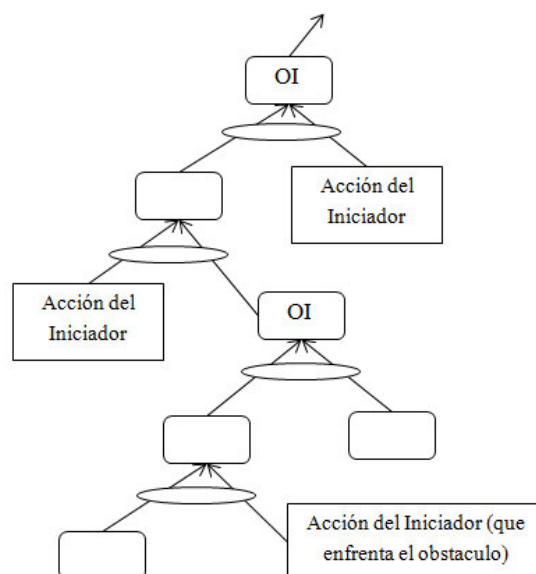


Fuente. © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham Y. Goldratt Institute – Citado por Vargas (2008)

4. Árbol de transición

Finalmente, el árbol de transición nos lleva a la construcción de un plan detallado, el cual se basa en las acciones obtenidas para enfrentar los obstáculos intermedios señalados en el árbol de prerequisites.

Figura N° 15: Árbol de Transición



Fuente. © 1998 Goldratt Asociados ® - Abraham Y. Goldratt Institute – Citado por Vargas (2008)

III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General

El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite mejorar la productividad en una empresa de tratamiento de vidrios.

3.2. Hipótesis Específicas

HE1. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios.

HE2. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reduce el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios.

HE3. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejora la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios.

3.3. Variables

3.3.1. Dependiente

General

Y₁: Productividad

Específica

Y₂: Plazo de entrega

Y₃: Costo de producción

Y₄: Toma de decisiones

3.3.2. Independiente

X₁: Planificación y control de la producción

X₂: Teoría de restricciones

IV. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es explicativo, porque responde las causas de los eventos y explica por qué ocurre un fenómeno o por qué se relacionan dos variables.

4.2. Diseño de la Investigación

- **Enfoque:** Cuantitativo

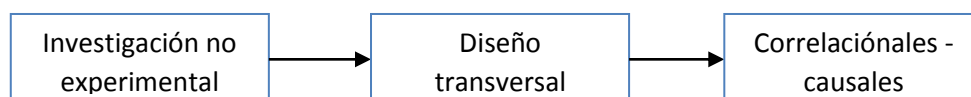
El enfoque es cuantitativo porque se usa la recolección de datos numéricos para probar una hipótesis y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar las teorías.

- **Diseño:** No experimental, transversal y Correlacionales - Causales.

- **No experimental;** porque no se puede manipular las variables, es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Los datos a reunir se obtendrán del historial de las líneas de la empresa.

- **Transversal;** porque se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar fotografía de algo que sucede.

- **Correlacionales - Causales;** porque describen la relación entre dos o más variables en un momento determinado, en función de la relación causa – efecto (causales).(Sampieri, Fernández y Baptista, 2010, p.152)



4.3. Población y Muestra

Población:

Todas las divisiones de negocio de la empresa:

- División carpintería de aluminio (Armado de estructura)
- División de vidrios crudos y accesorios (Comercialización).
- División de vidrios de arquitectura (línea de Asesoría, Instalación, Remetrage y Vidrios Templados).

De los años 2014 a octubre 2017, cada departamento con varios números de colaboradores

Muestra:

Los procesos del área de **Operaciones de la línea Vidrios Templados** de la División de vidrios de arquitectura, desde el mes de enero 2014 a octubre 2017, de la empresa de tratamiento de vidrio.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos es cualitativa, cuantitativa y por observación directa, se utilizara las técnicas de tormenta de ideas, estudio de tiempos de ciclo, diagrama de flujo y los resultados de ventas y operaciones serán recolectados a través de los sistemas ERP Conver (2014-2016) y Spring (2017), se analizara la información de los meses de enero 2014 a octubre 2017

4.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Todos los datos recolectados se organizan en matrices que se representan mediante gráfico la proyección de venta, Plan Agregado, Plan Maestro y el MRP los cuales son analizados cuantitativamente, utilizando la hoja de cálculo **Excel**, los gráficos de los procesos son diseñados en el software **Visio** para su mejor entendimiento de dichos procesos involucrados y para la prueba estadística se utilizó el software **Minitab**.

V. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

6.1. Diagnóstico Situacional de la Empresa

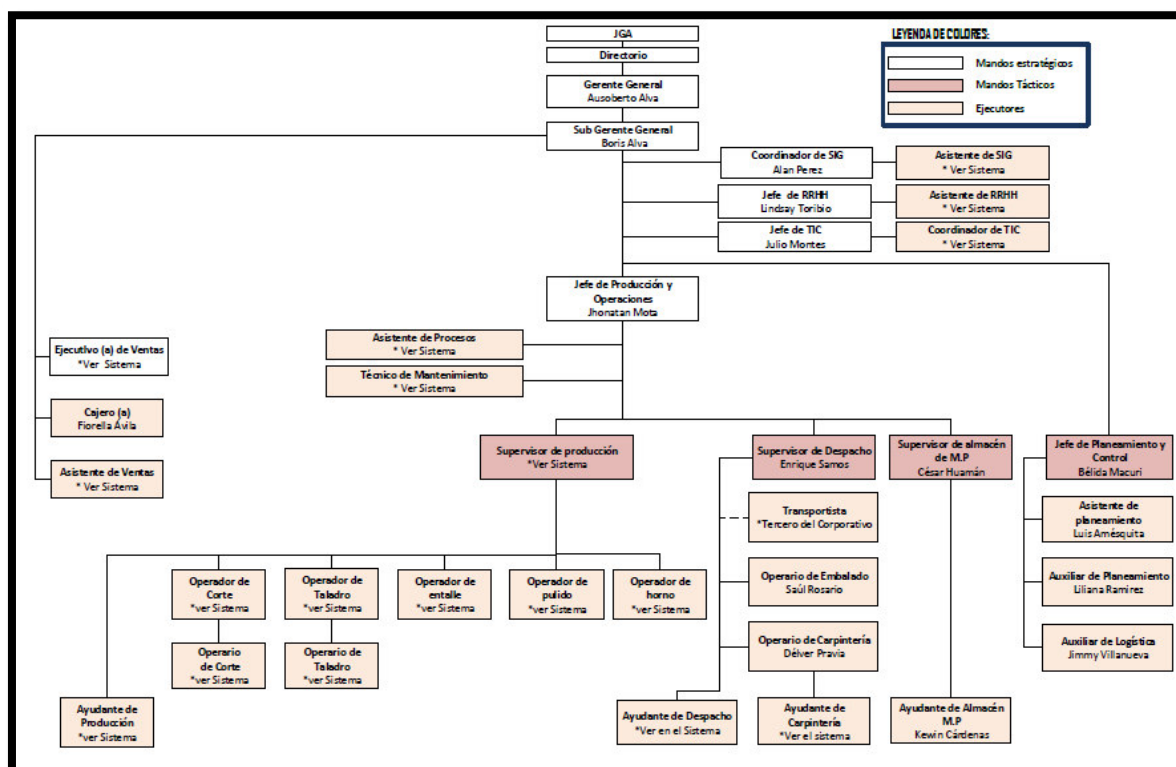
6.1.1. Aspecto General

Se reserva el nombre de la empresa por políticas de privacidad debido que se presentan en esta investigación datos reales de demanda, costos de mano de obra, costo de materia prima y otros costos de producción y/o contables, por ello se le asigna el nombre general del rubro de una empresa de tratamiento de vidrios.

La empresa nace en el año 2013, como una necesidad ante el aumento de demanda de vidrios templados en la industria de arquitectura y construcción inmobiliaria, la empresa ha apostado de los inicios a la mejora continua de sus procesos, ello se demuestra en la obtención de certificaciones internacionales, ha desarrollado una innovación tecnológica debido a la competencia en el mercado nacional y cuenta con profesionales en el rubro que permiten obtener productos de calidad.

6.1.2. Organigrama

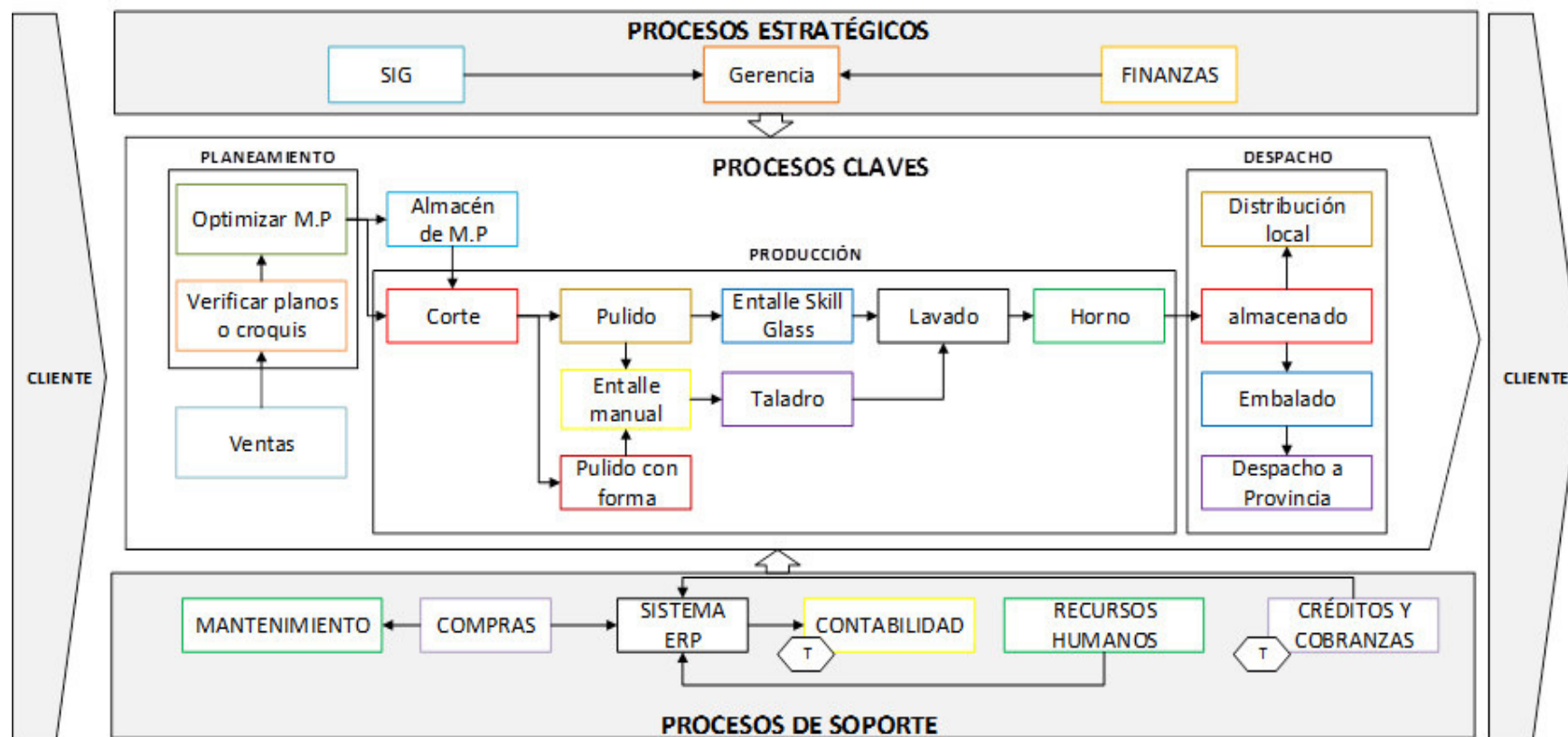
Figura N° 16: Organigrama



Fuente: Pérez (2016) Empresa de tratamiento de vidrios

6.1.3. Mapa de Procesos

Figura N° 17: Estructura de Valor



Fuente: Elaboración propia

6.1.4. Productos y Servicios

La empresa brinda al mercado cristales procesados templados de alta seguridad que consiste en la transformación del vidrio crudo (flotado) mediante los procesos de calentamiento de aproximadamente 700°C y luego enfriado bruscamente, de ahí viene su resistencia estructural y al impacto que es de 4 veces la de un vidrio crudo, ofreciendo al mercado nacional una buena alternativa para los proyectos de arquitectura, ofreciendo a los mejores precios y plazos de entrega.

6.1.4.1. División de vidrios de arquitectura

Departamento de la empresa encargada de cristalizar los proyectos de nuestros distintos clientes logrando sus proyectos de viviendas, estatales, exclusivos, etc. Gozamos con un staff capacitado que supervisarán las distintas etapas que los proyectos demanden, logrando la satisfacción total del cliente; las líneas de negocio son:

- **Servicios de asesoría técnica:**

Nuestra satisfacción de nuestros clientes es nuestro principal objetivo, es por ello que asesoramos de forma profesional y técnica a nuestros usuarios para la realización de sus proyectos arquitectónicos de diversa índole, a través de nuestros colaboradores ubicados en nuestras diferentes sedes.

- **Servicio de Instalación:**

Nuestros productos son llevados al campo incluida la mano de obra de la Corporación, con lo cual plasmamos la imaginación de nuestros clientes en su desarrollo, a través de nuestra óptima coordinación de los suministros implicados, y el tiempo de entrega que se le ofrece al cliente del determinado trabajo; garantizando la calidad y la garantía que nuestros productos y nuestros servicio implican.

- **Servicio de remetrage:**

Paso previo para llevar cabo los proyectos, en el cual nuestros colaboradores detallan y determinan las medidas de los respectivos vanos donde se procederá con la instalación.

Figura N° 18: Servicio de asesoría, remetrage e instalación



Fuente: Empresa de tratamiento de vidrios

- **Vidrio Templado**

Gracias a la marca de la empresa, ofrece al mercado vidrio de seguridad templado, vidrio de mayor durabilidad y resistencia gracias a su procesamiento, cumpliendo los más exigentes estándares de seguridad y calidad que los entes reguladores exigen. Los sub-servicios que acompañan al vidrio templado son:

- **Servicio de biselado**

Proceso mediante el cual se desgasta los lados del vidrio, el cual depende del espesor del material y el ancho del bisel, aumentando elegancia y modernidad al cristal. Se pueden procesar, espejos, cristales incoloros, bronce, grises, reflejantes, de distintos espesores.

- **Servicio de canto pulido**

Proceso mediante el cual se anula los lados cortantes del vidrio, los cuales pueden acabar con un pulido brillante o mate en el vidrio, dependiendo del gusto del usuario. Se puede dar su uso en distintas formas del vidrio, ya sean rectangulares o circulares.

- **Servicio de arenado**

Arenado, mediante el cual se retoca la superficie del vidrio en su totalidad o en base a algún diseño en especial u personalizado, dando al vidrio instalado modernidad e juventud.

Figura N° 19: Fragmentos de vidrio templado



Fuente: Empresa de tratamiento de vidrios

6.1.4.2. División de vidrios crudos y accesorios (comercialización)

En esta línea de negocio, a través de nuestros diversos productos de importación abastecemos a toda Lima Metropolitana, así como a las distintas provincias del país; de acuerdo a la necesidad y la demanda que cada mercado exija.

Gracias a nuestra capacidad de abastecimiento (stock) y logístico, ofrecemos una diversa gama de vidrios crudos y accesorios a precios competitivos y con la calidad que nos garantiza, maximizando la inversión que nuestros clientes nos confieren.

6.1.4.3. División carpintería de aluminio (armado de estructura)

En esta línea de negocio, el departamento se encarga del armado de la estructura en aluminio, gracias a al personal capacitado podemos ofrecer diversas opciones de diseño de estructuras y con la calidad que nos garantiza, maximizando la inversión que nuestros clientes nos confieren.

6.1.5. Tipo de vidrio procesados

La empresa de tratamiento de vidrios así como las empresas relacionadas al rubro, la materia prima que utilizamos en nuestros procesos son vidrio crudo importados de Chile, Brasil, China, Venezuela, etc. Los cuales vienen de diferentes espesores y colores, como se adjunta el cuadro, las dimensiones promedio de una plancha de vidrio crudo es de 2.5 m x 3.5 m aprox.

Tabla N° 3: Lista de materia prima

TIPO	ESPESTORES
Cristales Incoloros	6MM-19MM
Cristales Bronces	6MM-10MM
Cristales Grises	6MM-10MM
Cristales Ultra Claros	6MM-19MM
Cristales Tratados al Ácido	6MM-10MM
Reflejantes Super Silver Bronces	6MM-8MM
Reflejantes Super Silver Azules	6MM-8MM
Reflejantes Super Silver Incoloros	6MM-8MM
Reflejantes Super Silver Grises	6MM-8MM

Fuente: Empresa de tratamiento de vidrios

6.1.6. Procesos y operaciones de vidrio templado

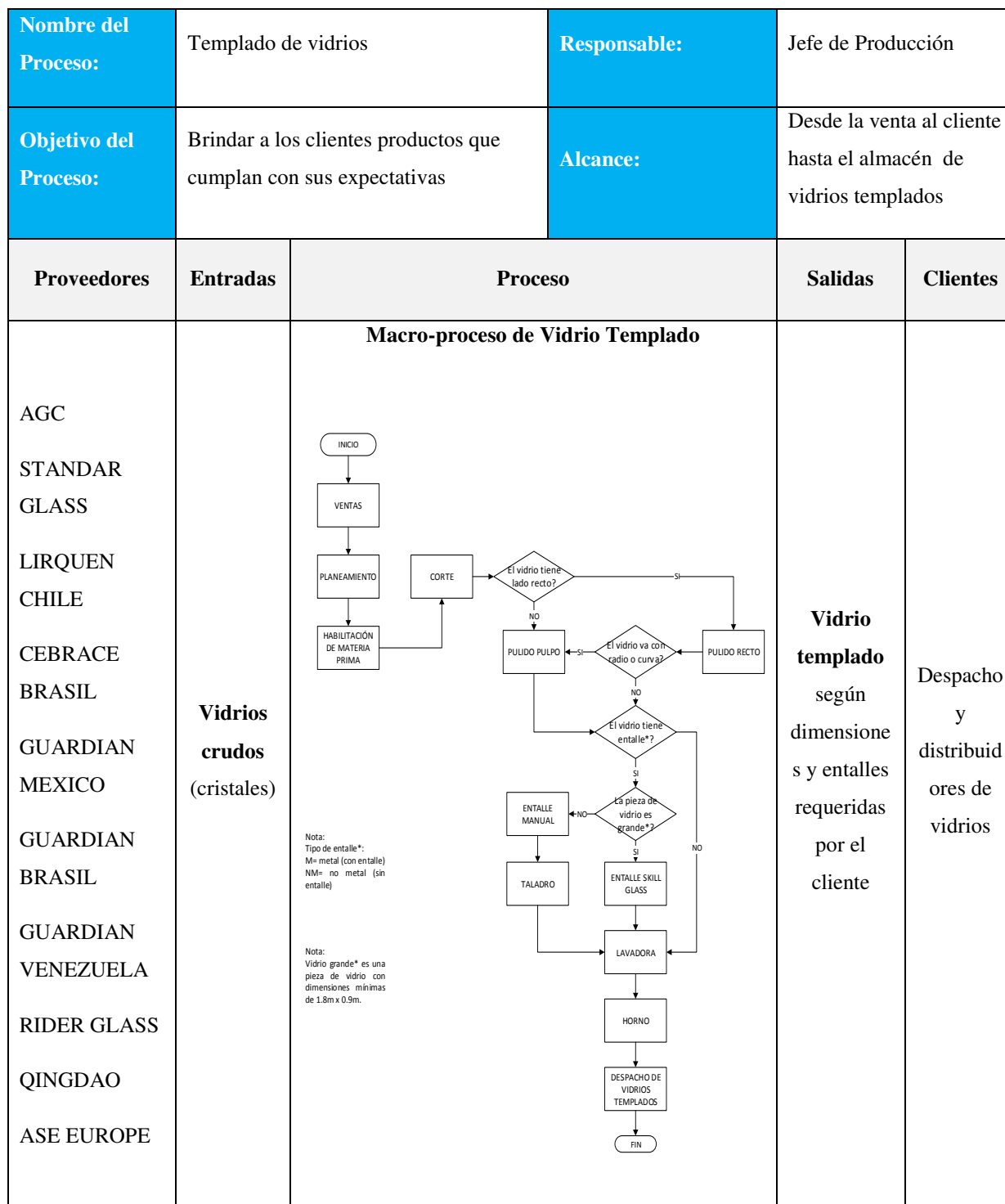
La empresa de tratamiento de vidrios posee distintas tecnología en sus maquinarias que transforman la estética del cristal primario (crudo) en base la necesidad del cliente, para ello el vidrio crudo pasa por los procesos de operaciones que son: Corte, Pulido, Perforado (entallado), lavado y horneado. Para mayor detalle de sus actividades elaboró el diagrama de flujo de cada proceso mencionado (Anexo N° 9, 10, 11, 12, 13)

Figura N° 20: Proceso de vidrio templado



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 21: SIPOC del vidrio templado

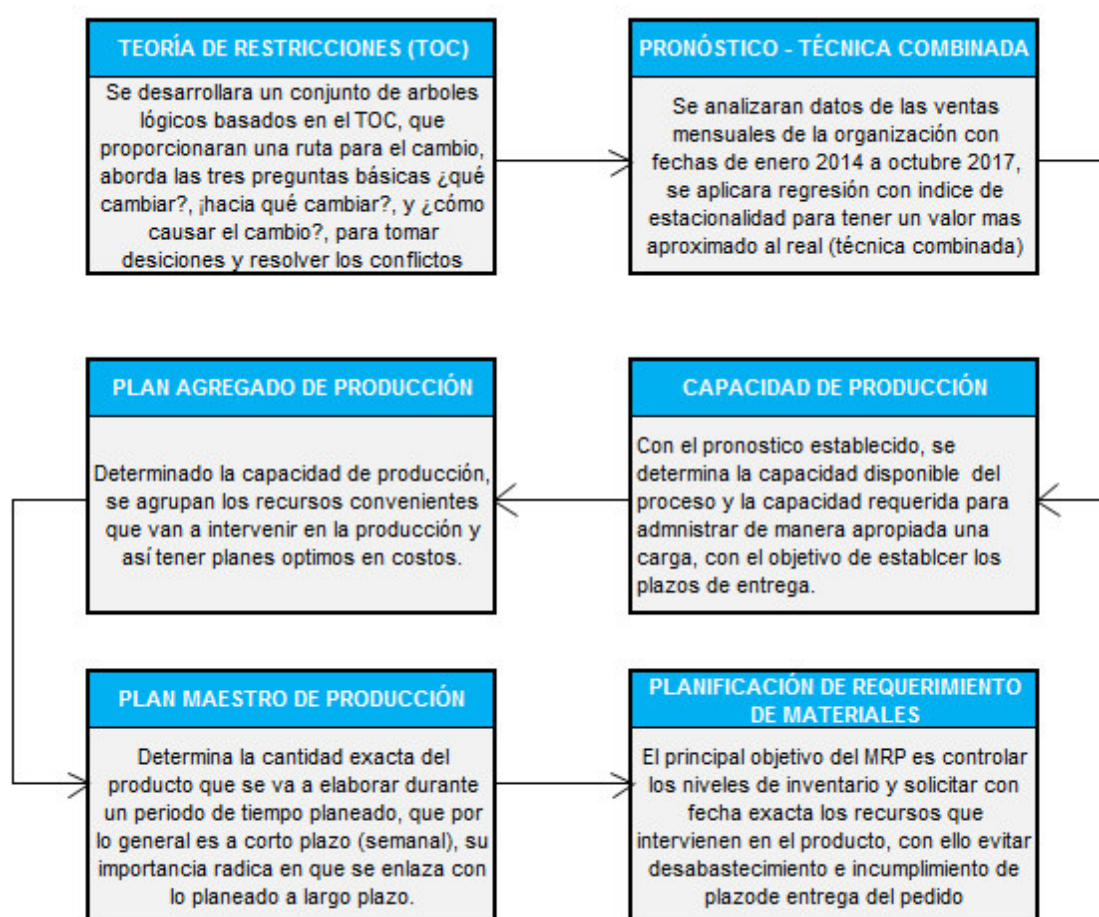


Fuente: Elaboración propia

6.1.7. Diseño propuesto para la mejora de la productividad

Se muestra un diagrama para visualizar las etapas en el que se va a desarrollar la mejora, de esta manera podamos cumplir con el objetivo establecido por la investigación que es la mejora de la productividad. Primero se desarrollara la teoría de restricciones para determinar cuáles son los problemas que afectan el proceso, luego se desarrollará el sistema de planificación y control de la producción, todos estos sistemas van interrelacionados con la finalidad de mejorar la productividad.

Figura N° 22: Diseño para la mejora de la productividad



Fuente: Elaboración propia

6.1.8. Diagnóstico del área de estudio

Para realizar la Teoría de Restricciones (TOC) y la Planificación y Control de la Producción (PCP), se elaboró previamente el Mapa de Flujo de Valor (VSM), para realizar el diagnóstico actual.

6.1.8.1. Mapa de Flujo de Valor

El Mapa del Flujo de Valor (VSM), que permitirá de manera gráfica, ver y entender el proceso, lo cual nos facilitará identificar las restricciones críticas de cada proceso y con ello podamos aplicar la TOC y definir planes y priorizar esfuerzos de mejora continua. Para realizar el VSM es necesario identificar la familia de productos a mapear, para elegir el producto de mayor recorrido de proceso se elabora la Matriz – Producto.

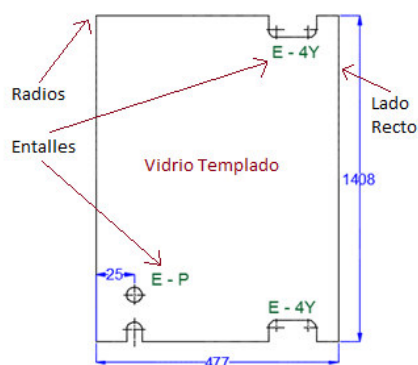
Tabla N° 4: Matriz Producto - Proceso

MATRIZ PRODUCTO - PROCESO								
PRODUCTOS	CORTE	PULIDO RECTO	PULIDO CURVO	ENTALLADO	TALADRADO	LAVADO	HORNEADO	TOTAL
Vidrio rectos sin entalle	X	X				X	X	4
Vidrios rectos con entalle	X	X		X	X	X	X	6
Vidrios con formas sin entalle	X		X			X	X	4
Vidrios con formas con entalle	X		X	X	X	X	X	6
Vidrios rectos y curvas sin entalles	X	X				X	X	4
Vidrios rectos y curvas con entalles	X	X	X	X	X	X	X	7

Fuente: Elaboración propia

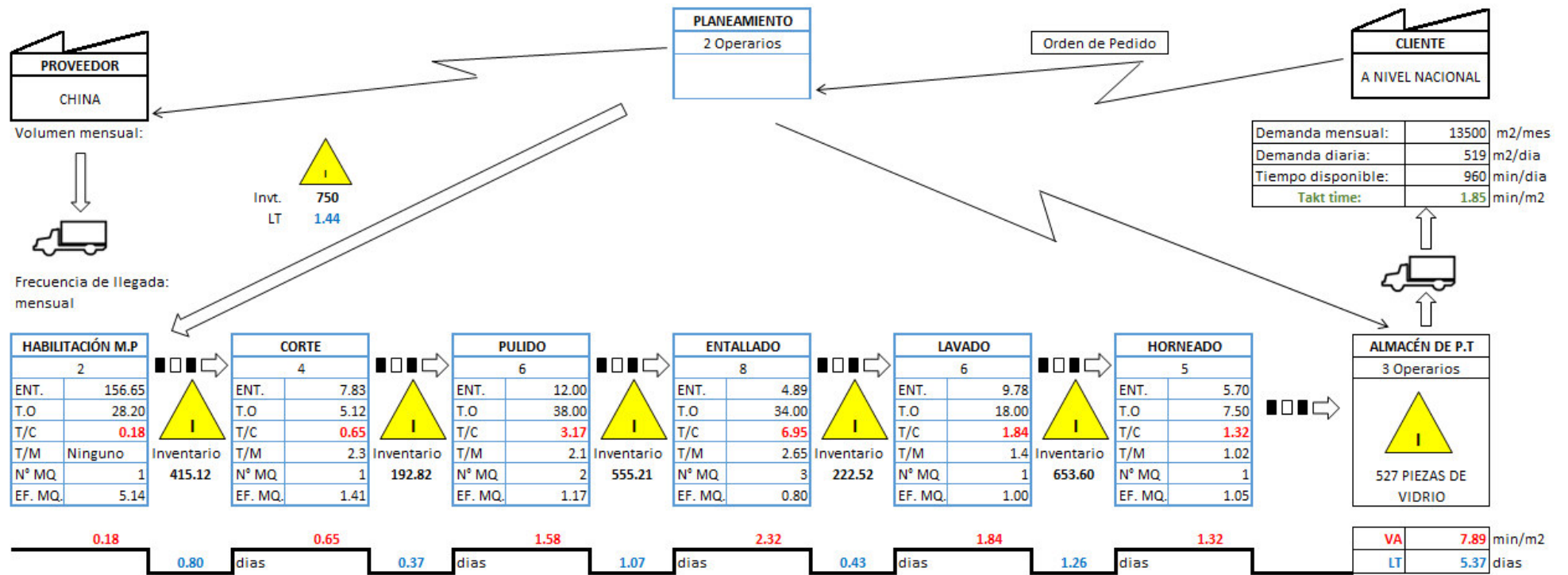
El producto elegido para realizar el mapa del flujo de valor (VSM) es un vidrio que tiene perforaciones y/o entalles para los accesorios que pueda tener y la forma es de lados rectos y con radios en las esquinas; el producto elegido es por recorrer la mayor cantidad de procesos y con ello tener el valor más exacto en los cálculos de tiempo de ciclo, tack time y lead time.

Figura N° 23: Características del producto elegido



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 24: Mapa del flujo de valor actual del vidrio templado (VSM)



Fuente. Elaboración propia

Indicadores actuales de producción y productividad

Demanda mensual promedio: 13500 m²/mes

Nº de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$\text{Producción por día} = \frac{13500 \frac{\text{m}^2}{\text{mes}}}{26 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 519.2 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}$$

Hallamos el tack time, que es el ritmo que una unidad de producto debe ser producida para cumplir con el cliente, en nuestro caso quiere decir que un metro de vidrio templado debe ser procesado en 2 minutos aproximadamente.

$$\text{Tack Time} = \frac{960 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{519.2 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 1.85 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}$$

Cálculos de tiempo de ciclo y el Lead time por proceso (como referencia de cálculo, se tomó al área de corte)

Entrada de vidrio al área de Corte a procesar: 7.83 m²

Tiempo de procesamiento: 5.12 min

Inventario por procesar: 415.12 m²

Producción por día: 519.2 m²/día

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{5.12 \text{ min}}{7.83 \text{ m}^2} = 0.65 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Lead Time (corte)} = \frac{415.12 \text{ m}^2}{519.2 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} = 0.8 \text{ días}$$

Cálculo del Lead Time total y el tiempo de procesamiento total (suma de los tiempos de ciclo)

$$\sum_{k=M.P}^{\text{Horno}} \text{Tiempo de procesamiento (V.A)} = 7.89 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}$$

$$\sum_{k=M.P}^{\text{Horno}} \text{Lead Time total} = 5.37 \text{ días}$$

La cadena de valor representa un Lead Time es 5.37 días, esto indica que los pedidos no se entregan en el tiempo establecido que es de 5 días hábiles, generando incumplimiento e insatisfacción de los clientes, ese valor está influenciado por la cantidad de inventario que tiene el área de planeamiento, Entallado y horneado.

También se puede visualizar el cuello de botella del sistema (área de Entallado), su Tack Time es mayor a velocidad de producción de dicho área (Tack Time: 1.85 min/m2 < Tiempo de ciclo de entalle: 2.32 min/m2).

Resultados de Diagnostico

Variable Dependiente (Productividad)

a) Dimensión: Mano de Obra (Horas - Hombre)

Nº de operarios: 31 operarios

Demanda mensual promedio: 13500 m2/mes

Nº de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$Productividad\ M.O = \frac{M2\ producidas\ por\ mes}{Horas\ Hombre\ trabajados\ al\ mes}$$

$$Productividad\ M.O = \frac{13500 \frac{m2}{mes}}{31\ Operarios \times 26 \frac{días}{mes} \times 16 \frac{horas}{día}} = 1.05 \frac{m2}{Hrs - Hm}$$

Interpretación: Un trabajador en una hora produce 1.05 m2 de vidrio templado en promedio.

b) Dimensión: Maquinaria (Horas – Máquina)

Nº de máquinas: 9 máquinas

Demanda mensual promedio: 13500 m2/mes

Nº de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$Productividad\ Maquinaria = \frac{M2\ producidas\ por\ mes}{Horas\ Máquina\ trabajados\ al\ mes}$$

$$Productividad\ Máq. = \frac{13500 \frac{m^2}{mes}}{9\ Máquinas \times 26 \frac{días}{mes} \times 16 \frac{horas}{día}} = 3.61 \frac{m^2}{Hrs - Mq}$$

Interpretación: Una máquina en una hora produce 3.61 m² de vidrio en promedio.

Variable Independiente (Planificación de la Producción y la Teoría de Restricciones)

c) Dimensión: Pronóstico de demanda

Actualmente no se realizan pronósticos de ventas, ni por área de planeamiento ni el área de ventas, se viene realizando de manera empírica, lo cual limitan a tomar buenas decisiones sobre la producción.

d) Dimensión: Capacidad de Producción

Indicador de Utilización de la Capacidad

$$Utilización\ de\ la\ Capacidad = \frac{Capacidad\ Utilizada}{Capacidad\ Disponible} \times 100\%$$

$$Utilización\ de\ la\ Capacidad = \left(\frac{519.2 \frac{m^2}{día}}{800 \frac{m^2}{día}} \right) \times 100\% = 64.9 \%$$

Interpretación: Se utiliza el 64.9% de la capacidad por día de trabajo

e) Dimensión: Plan Agregado de Producción

Actualmente el área de planeamiento ni otra área de la organización, no cuentan con algún Plan Agregado de la Producción registrado, ocasionando inadecuado uso de recursos, se realiza de manera empírica.

f) Dimensión: Plan Maestro de Producción (PMP)

Actualmente en la organización no se tiene cifras de una Plan maestro de Producción, se realizan de manera empírica.

g) Dimensión: Plan de Requerimiento de Materiales (MRP)

Actualmente el área de almacén de materia Prima y el área de Planeamiento realizan sus requerimientos de manera empírica, ocasionando desabastecimiento en temporadas de mayor demanda.

h) Dimensión: Teoría de Restricciones

Actualmente no se cuenta con un mapa de ruta para el cambio, para la identificación las barreras que deben superarse y poder construir la solución.

Tabla N° 5: Resumen de las dimensiones cuantificadas de las variables independientes y dependientes

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR	UNIDAD
Planificación y Control de la Producción	Pronóstico de la Demanda	M2 de vidrio Templado vendidos por año	No hay registro	M2/año
	Capacidad de Producción	Capacidad Utilizada/ Capacidad Disponible	64.90%	% de utilización de la capacidad
	Plan Agregado de la Producción	Costo de Plan Agregado	No hay registro	Soles
	Plan Maestro de Producción	Unidades promedio producidas por semana	No hay registro	m2/semana
	Plan de Requerimiento de Materiales	Cantidad Optima de requerimiento	No hay registro	m2/mes
	Teoría de Restricciones	Variables no manipulables	No hay registro	diagrama
Productividad	Eficiencia de Mano de Obra	M2 producidos / Horas - Hombre	1.05	M2 por Horas - Hombre
	Eficiencia de Maquinaria	M2 producidos / Horas - Máquina	3.61	M2 por Horas - Máquina
	Lead time	Inventario por procesar / Producción diaria	5.37	días

Fuente. Elaboración propia

6.1.9. Aplicación de la Teoría de Restricciones (TOC)

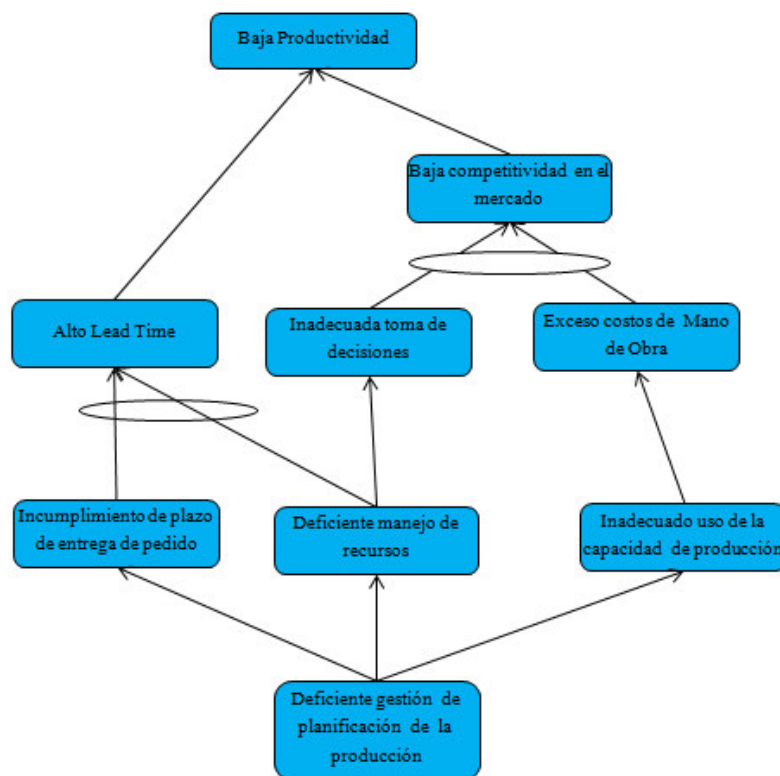
Identificación de la restricción

El análisis realizado en los puntos anteriores se ha evidenciado la situación actual de sus procesos de planificación y operaciones, determinando de esta manera los problemas y características de sus procesos, que limitan una adecuada gestión de los recursos, toma de decisiones y cumplimiento con el plazo de entrega al cliente.

La Teoría de Restricciones propone construir un **ARBOL DE REALIDAD ACTUAL**, en base a este pensamiento de resolución de problemas, lo primero que se realiza es buscar *¿Qué cambiar?*, esto permite encontrar el problema raíz (restricciones), a través de relaciones de efectos indeseables (EIDES)

Problema Raíz: Deficiente gestión de la planificación de la producción

Figura N° 25: Árbol de la realidad actual (ARA)



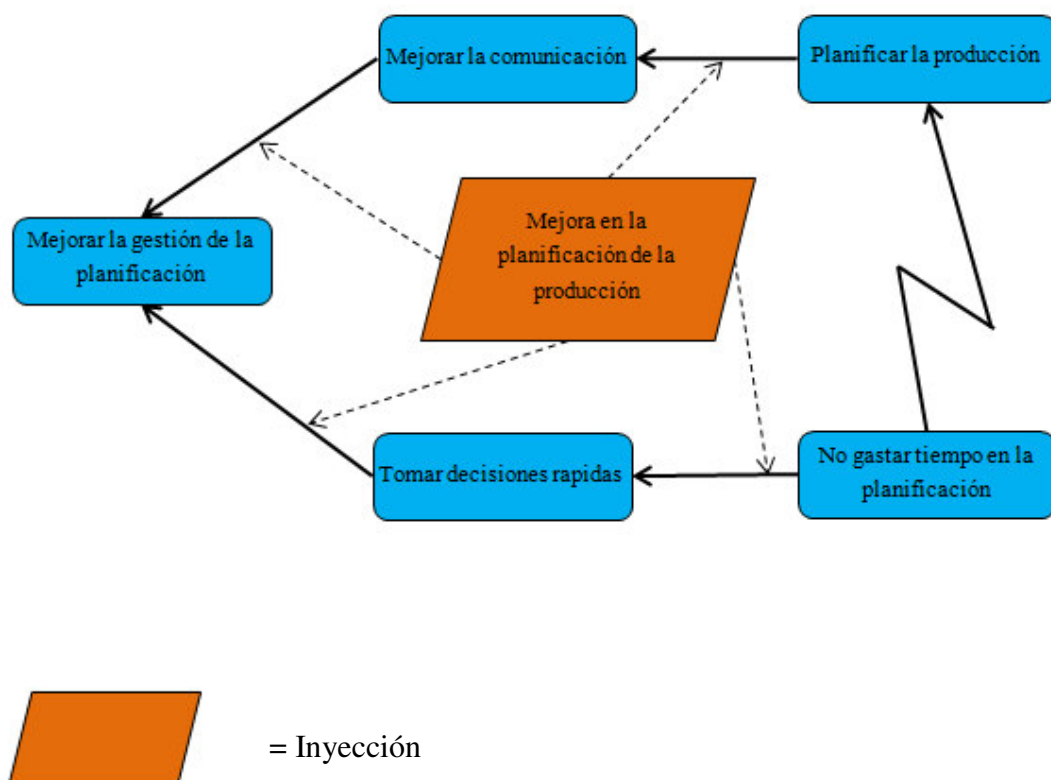
EIDES = Efectos Indeseables

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificado los problemas principales la pregunta ahora se convierte en *¿Hacia qué cambiar?* Para ello respondemos las preguntas con el Diagrama **NUBE DE EVAPORACIÓN DE CONFLICTOS (EN)**, ello permite descubrir la búsqueda de una idea capaz de resolver el conflicto, que en este el conflicto está dado por las acciones de planificar la producción por un lado y por el otro lado no gastar tiempo en la planificación, luego se plantea la inyección para neutralizar el conflicto.

Inyección: Mejorar la Planificación de la producción, como una herramienta que permita organiza y tomar buenas decisiones en producción.

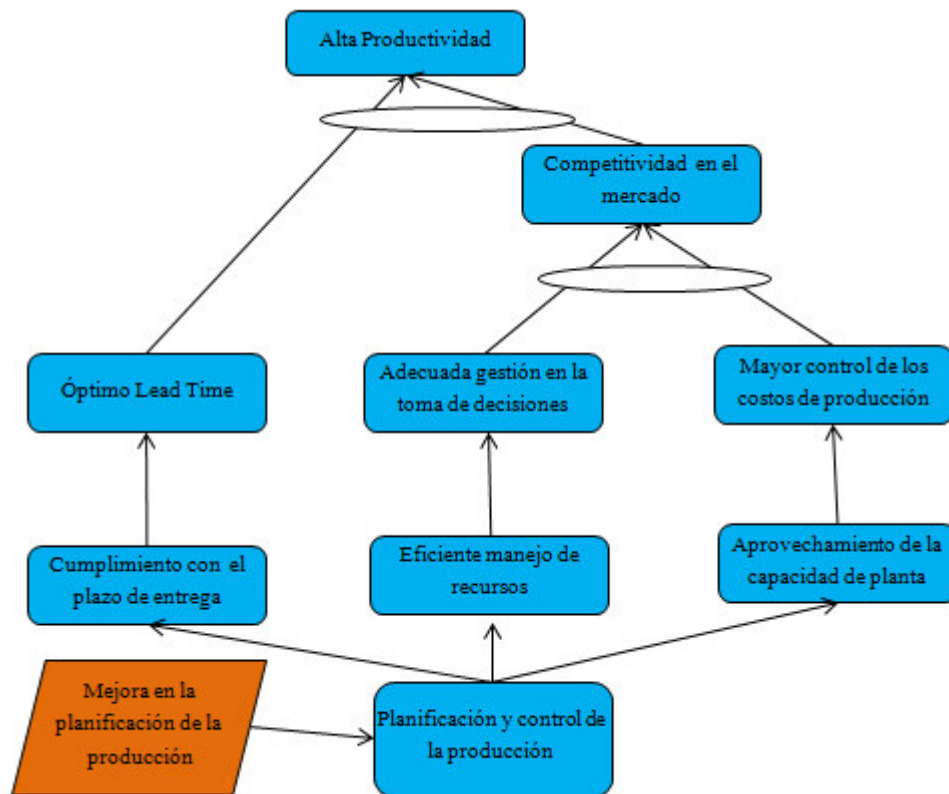
Figura N° 26: Nube de evaporación de conflictos



Fuente: Elaboración propia

Luego se construye una solución factible a la problemática planteada, se elabora el diagrama **ARBOL DE REALIDAD FUTURA (ARF)**, que conduce a efectos deseables (opuestos a los EIDES encontrados), luego la inyección obtenida se coloca en los puntos de partida para lograr una solución a la problemática.

Figura N° 27: Árbol de Realidad Futura



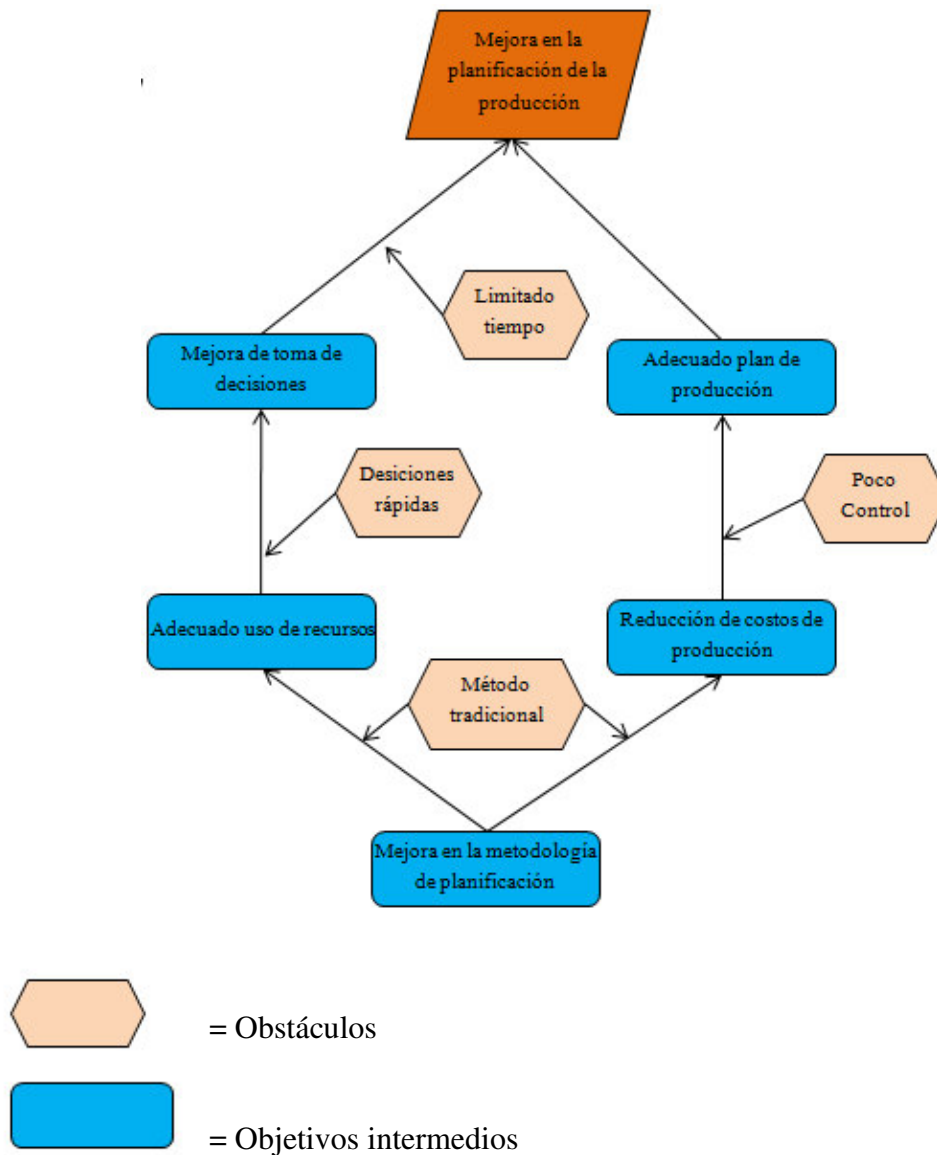
EDES

= Efectos deseables

Fuente: Elaboración propia

Luego que estas preguntas son respondidas, queda por responder *¿Cómo causar el cambio?* Para ello se utilizó el **ÁRBOL DE PRERREQUISITO (AP)** que dividida en objetivos intermedios relacionados, estos son señalados por los obstáculos como la resistencia al cambio, de seguir usando la misma metodología empírica de planificación, poco involucramiento por parte de los operarios y con ello poco control de la mejora.

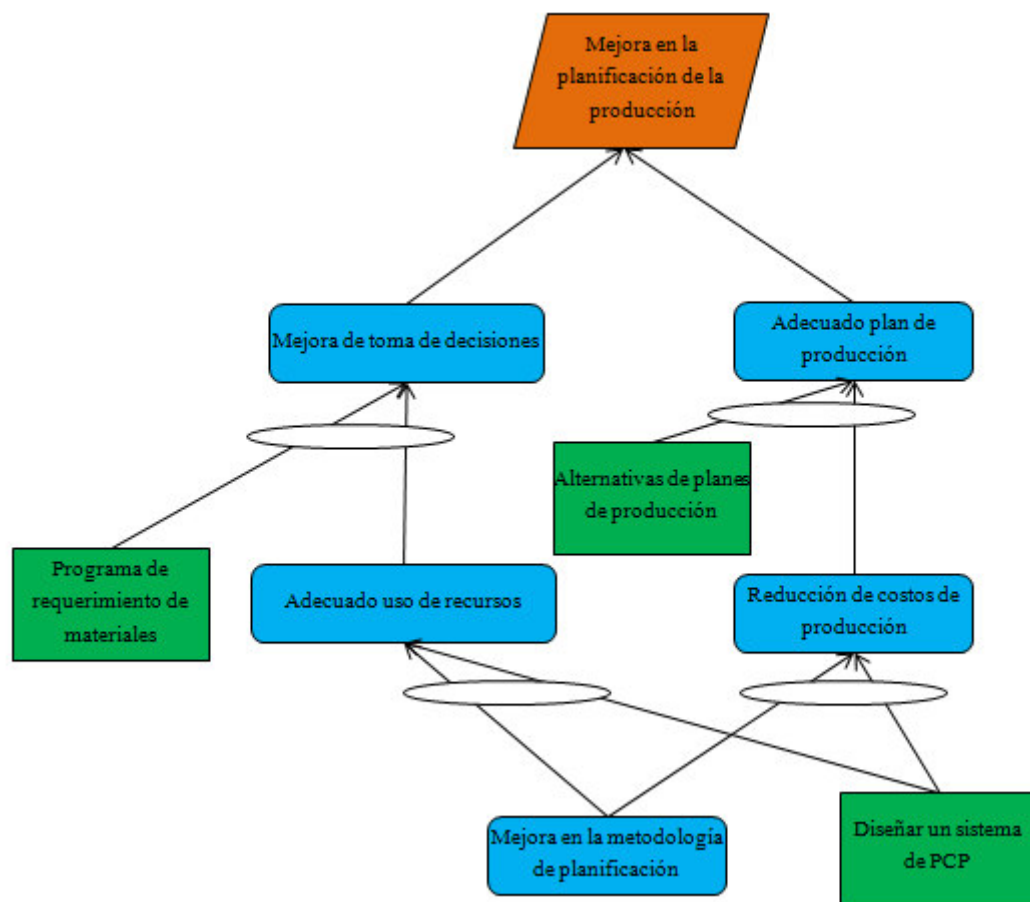
Figura N° 28: Árbol de Prerrequisitos




Fuente: Elaboración propia

Finalmente con la realización del **ÁRBOL DE TRANSICIÓN** (AT) que permite plantear acciones para lograr los objetivos, para esta investigación es diseñar un sistema de planificación y control de la producción, para la reducción de costos de producción, cumplir con el plazo de entrega y que ayude a tomar buenas decisiones para la producción y con todo ello lograr el objetivo general que es mejorar la productividad de la organización.

Figura N° 29: Árbol de Transición



 = Acciones que enfrentan al obstáculo

Fuente: Elaboración propia

6.2. Mejora: Planificación y Control de la Producción

6.2.1. Pronóstico

Partiendo de la necesidad de diseñar un plan de producción, se procedió a realizar el análisis de ventas de vidrios templados, de esta manera conocer su comportamiento y poder elaborar planes de producción.

Tabla N° 6: Venta de vidrio templado en m2 de los años 2014 - octubre 2017

Año	Mes	Venta	Año	Mes	Venta
2014	Enero	4,766	2015	Enero	9,447
	Febrero	5,921		Febrero	8,686
	Marzo	7,220		Marzo	11,108
	Abril	7,345		Abril	9,943
	Mayo	7,819		Mayo	7,764
	Junio	7,446		Junio	8,850
	Julio	8,728		Julio	8,737
	Agosto	9,494		Agosto	9,789
	Septiembre	9,766		Septiembre	12,894
	Octubre	9,487		Octubre	14,768
	Noviembre	11,298		Noviembre	14,934
	Diciembre	13,508		Diciembre	15,063
Año	Mes	Venta	Año	Mes	Venta
2016	Enero	12,844	2017	Enero	15,584
	Febrero	12,570		Febrero	13,010
	Marzo	14,053		Marzo	12,619
	Abril	12,286		Abril	11,126
	Mayo	11,907		Mayo	13,490
	Junio	11,174		Junio	13,363
	Julio	13,686		Julio	13,925
	Agosto	13,298		Agosto	17,133
	Septiembre	17,539		Septiembre	15,177
	Octubre	15,053		Octubre	17,242
	Noviembre	18,031		Noviembre	-
	Diciembre	14,326		Diciembre	-

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

Esta tabla nos permite realizar el siguiente grafico de ventas, el cual nos presenta la línea de tendencia y el factor de correlación lineal (R^2) los cuales son:

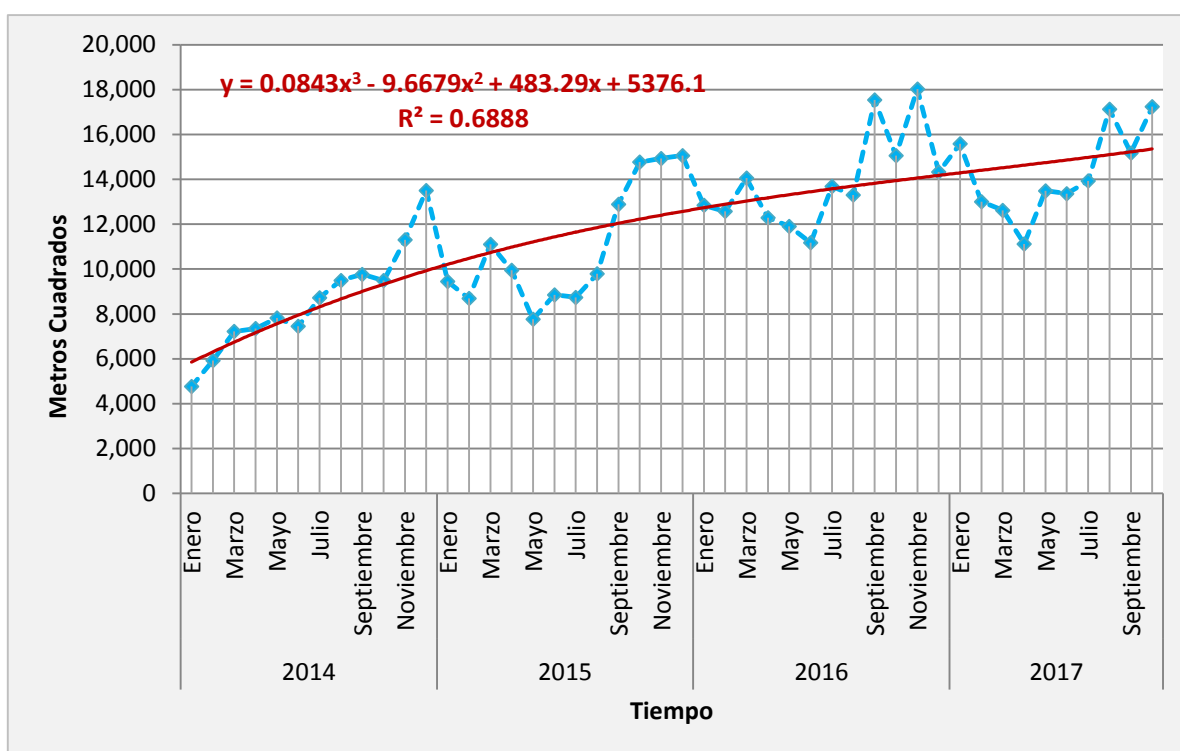
Lineal $R^2 = 0.6529$

Polinómico Grado 2 $R^2 = 0.6864$

Polinómico Grado 3 $R^2 = 0.6888$

Elegimos el modelo de 3er grado para hallar la demanda tendencial, por presentar un fuerte grado de correlación entre las variables.

Figura N° 30: Gráfico de venta de vidrio templado en m2 de los años 2014 - octubre 2017



Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

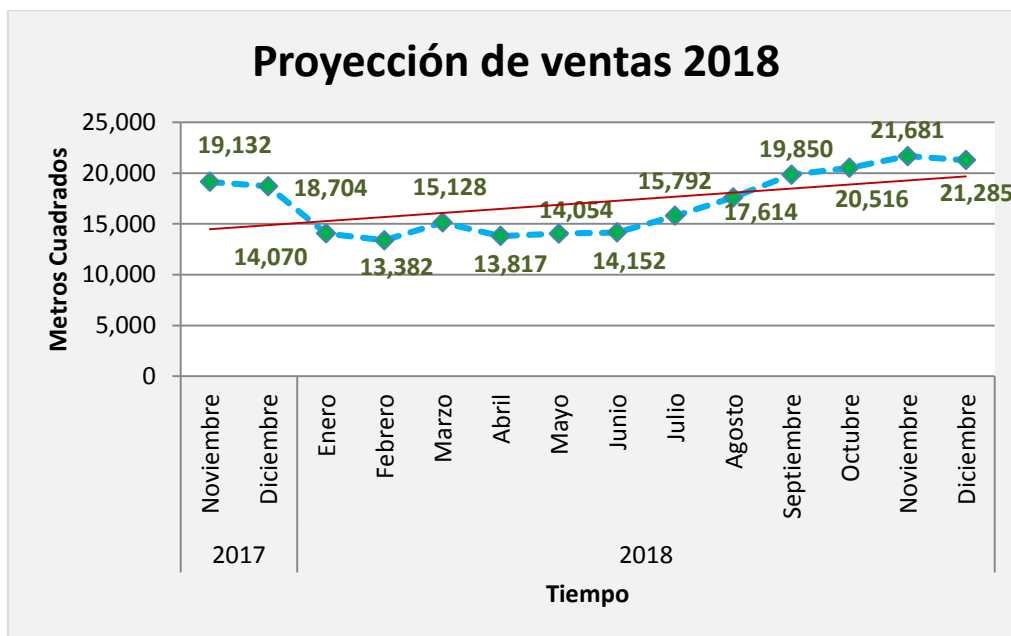
Como podemos observar el grafico el comportamiento es estacional, las ventas aumentan en los meses de octubre noviembre y diciembre. Para la estimación de la demanda a mediano plazo usaremos la técnica combinada: Estacionalidad y Tendencia (regresión de 3er grado) para estimar la ventas del año 2018

Tabla N° 7: Proyección de vidrio templado en m2 de noviembre 2017 – 2018

Año	Meses	Demanda Tendencial	Índice Estacional	Demanda Esperada
2017	Noviembre	15,487	1.2	19,132
	Diciembre	15,622	1.2	18,704
2018	Enero	15,762	0.9	14,070
	Febrero	15,908	0.8	13,382
	Marzo	16,060	0.9	15,128
	Abril	16,218	0.9	13,817
	Mayo	16,384	0.9	14,054
	Junio	16,556	0.9	14,152
	Julio	16,737	0.9	15,792
	Agosto	16,926	1.0	17,614
	Septiembre	17,124	1.2	19,850
	Octubre	17,332	1.2	20,516
	Noviembre	17,550	1.2	21,681
	Diciembre	17,778	1.2	21,285

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 31: Gráfico de proyección de ventas de vidrio templado en m2 de noviembre 2017 – 2018



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar la demanda estacional en los meses de octubre, noviembre y diciembre, en los cuales es necesario tener un plan de producción adecuado, para ello se procederá hacer análisis de la capacidad de producción.

6.2.2. Capacidad actual de Producción

Tabla N° 8: Identificación de la restricción

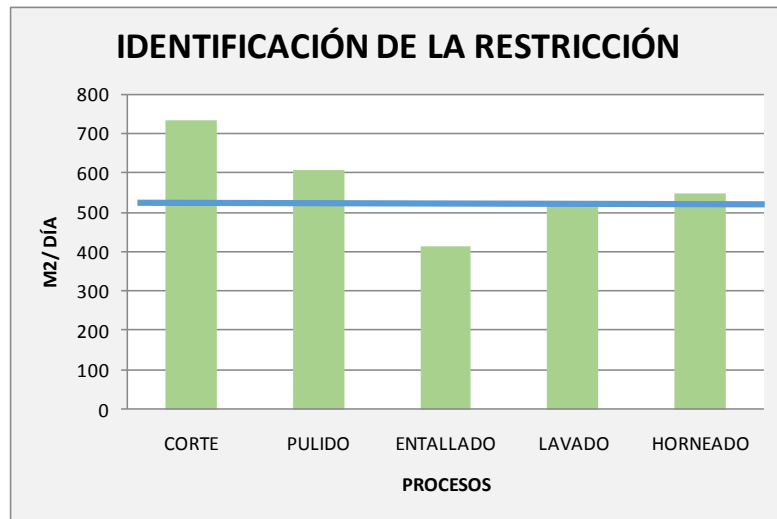
PROCESOS	TIEMPO DE CICLO (MIN/M2)	N° DE OPERARIOS ASIGNADOS	N° DE MAQUINAS ASIGNADAS	N DE OPERARIOS POR MAQUINA	VELOCIDAD DE PRODUCCION (MIN)	CAPACIDAD DE PRODUCCION		EFICI. UTILIZACION CAPACIDAD. PRO.	VELOCIDAD DE MO H/ M2	HORAS HOMBRE		EFICIENCIA DE LA MO (HHS/HHR)	PRODUCTIVIDAD (PROD real / hh REAL)
						POR HORA	POR DÍA			Hrs STANDAR	Hrs REALES		
ALMACÉN MP	0.18	2	1	2	0.18	333	2666	514%	0.36	3	16	514%	41.6
CORTE	0.65	4	1	4	0.65	92	734	141%	2.61	23	32	141%	20.8
PULIDO	3.17	6	2	3	1.58	38	606	117%	9.50	82	96	117%	6.9
ENTALLADO	6.95	8	3	2	2.32	26	414	80%	13.91	120	128	106%	5.2
LAVADO	1.84	6	1	6	1.84	33	522	100%	11.04	96	96	100%	6.9
HORNEADO	1.32	5	1	5	1.32	46	547	105%	6.58	57	60	105%	11.1
TOTAL	14.11	31	9			567.1	414	80%		381	428	112%	1.6

PROCESOS	HORAS DE TRABAJO (Hrs/Día)
ALMACEN DE MP	8
CORTE	8
PULIDO	16
ENTALLADO	16
LAVADO	16
HORNEADO	12

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la restricción (área de entallado):

Figura N° 32: Cuello de botella



Fuente: Elaboración propia

El tiempo de ciclo de entallado: 6.95 min/m²

N° de máquinas: 3 máquinas

Horas de trabajo por día: 16 horas/día

$$\text{Velocidad de producción de MQ} = 6.95 \frac{\text{min}}{\text{m}^2} / 3 \text{ máquina} = 2.32 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}$$

La capacidad de producción por hora:

$$\text{Capacidad de MQ por hora} = 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} / 2.32 \frac{\text{min}}{\text{m}^2} = 26 \frac{\text{m}^2}{\text{hora}}$$

La capacidad de producción por día:

$$\text{Capacidad de MQ por día} = 26 \frac{\text{m}^2}{\text{hora}} \times 16 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 414 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}$$

Siendo nuestra demanda promedio diaria de 519.2 m²/día, la eficiencia de la utilización de la capacidad será:

$$\text{Eficiencia de capacidad de prod.} = \left(414 \frac{\text{m}^2}{\text{día}} / 519.2 \frac{\text{m}^2}{\text{día}} \right) \times 100\% = 80\%$$

La capacidad de los taladros es el 80% por lo que se propone en este diseño es adquirir una máquina más para aumentar la capacidad de producción del área de

entallado, aumentar la velocidad de producción y reducir el Lead Time, de esta manera cumplir con el plazo de entrega de los pedidos.

6.2.2.1.Nueva Capacidad propuesto para diseño de planificación

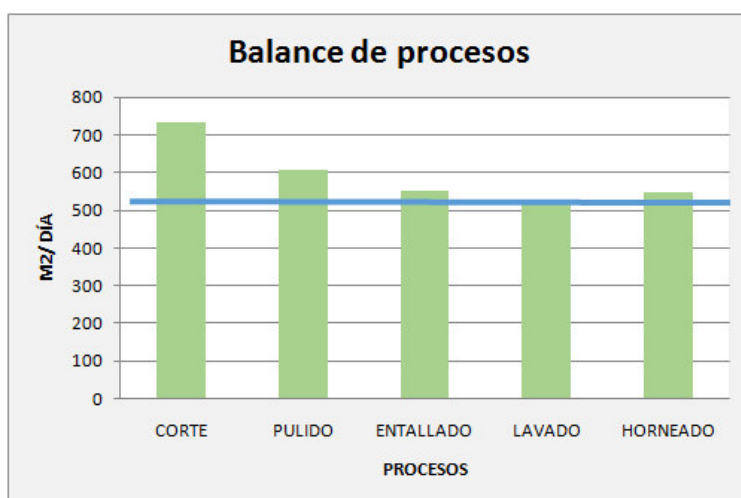
Tabla N° 9: Balance de línea

PROCESOS	TIEMPO DE CICLO (MIN/M2)	N° DE OPERARIOS ASIGNADOS	N° DE MAQUINAS ASIGNADAS	N DE OPERARIOS POR MAQUINA	VELOCIDAD DE PRODUCCION (MIN)	CAPACIDAD DE PRODUCCION	
						POR HORA	POR TURNO
ALMACÉN MP	0.18	2	1	2	0.18	333	2666
CORTE	0.65	4	1	4	0.65	92	734
PULIDO	3.17	6	2	3	1.58	38	606
ENTALLADO	6.95	8	4	2	1.74	35	552
LAVADO	1.84	6	1	6	1.84	33	522
HORNEADO	1.32	5	1	5	1.32	46	547
TOTAL	14.11	31	10		7.31	575.7	522

Fuente: Elaboración propia

Se agrega una máquina en el área de entallado, lo cual reduce el tiempo de cuello de botella de 2.32 min/m2 a 1.74 min/m2, lo cual aumenta la capacidad de producción del área de entallado en 552 m2/día

Figura N° 33: Gráfico de balance de procesos



Fuente: Elaboración propia

Bajo este análisis de mejora se realiza el Plan Agregado de Producción, Plan Maestro de Producción y Plan de Requerimiento de Materiales.

6.2.3. Plan Agregado de Producción

Una vez calculado la capacidad de producción, el siguiente paso es determinar la planeación agregada de producción, para lo cual se necesitó tener los costos que incurre la producción, y así poder elegir el plan más económico para la empresa, para ello se consideró los siguientes datos:

Tabla N° 10: Costo asociados de producción de vidrio templado

COSTOS ASOCIADOS A LA OBTENCIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS	SOLES
Costo M.O Normal (Soles/Hora)	S/. 2.2
Costo Hora-Extra (Soles/Hora)	S/. 2.8
Costo de Inventario (Soles/Hora-Hombre/mes):	S/. 2.2
Costo de No tener Existencias:	S/. 0
Costo de Subcontratación (Soles/Hora-Hombre):	S/. 2.4
Costo Contratación de Personal (Soles/Persona):	S/. 63
Costo de Despido de Personal (Soles/Persona):	S/. 82
Inventario Inicial:	0
Cantidad de personal	31
Máximo de Horas-Extras:	45%
Horas-Hombre Requeridas por Unidad de Producto:	0.73
Tiempo Disponible (min.):	960
Tiempo Disponible (Horas/día):	16.0

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

Se tiene 3 turnos de trabajo, mañana, tarde y otro en paralelo a los dos turnos (turno Fijo) por ello se considera en total 16 horas totales de trabajo con un total de 31 operarios

Tabla N° 11: Número de operarios por proceso y total de horas por turno de trabajo

PROCESOS	N° DE OPERARIOS POR PROCESO			TOTAL PERSONAL POR ÁREA
	Turno 8am - 4pm	Turno 6am - 2pm	Turno 2pm - 10pm	
HABILITACIÓN DE M.P	2	0	0	2
CORTE	4	0	0	4
PULIDO	1	3	3	7
ENTALLADO	2	3	3	8
LAVADO	2	2	2	6
HORNEADO	2	2	0	4
TOTAL OPERARIOS	13	10	8	31
TOTAL DE HORAS/TURNO	8	8	8	

Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

De acuerdo a las políticas de la empresa las horas extras se pagan el 25% más del sueldo, no se tiene inventario de productos debido a que el sistema de producción es por arrastre y el costo de subcontratación es el 10% de costo de M.O normal.

Con el nuevo análisis de capacidad (Tabla N° 11) se requiere 6 operarios por proceso con 7.31 min para procesar un vidrio de un metro cuadrado, entonces las Horas – Hombre requerida por m² es:

$$\text{Horas – Hombre (Requeridos)} = \frac{6 \text{ Hm} \times 7.31 \frac{\text{min}}{\text{m}^2}}{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}} = 0.73 \frac{\text{Hrs} - \text{Hm}}{\text{m}^2}$$

Entonces el total de Horas-Hombre requerido por cada mes proyectado (cálculo referencial para el mes de noviembre 2017), sería:

$$\text{Total Hrs – Hm Requerido} = 0.73 \frac{\text{Hrs} - \text{Hm}}{\text{m}^2} \times 19,132 \text{ m}^2 = 13,985 \text{ Hrs} - \text{Hm}$$

A continuación se procederá hacer el cálculo de total de requerimiento de Horas – Hombre para cada uno de los meses proyectados, noviembre 2017 a diciembre 2018.

Tabla N° 12: Calculo del Total de Hrs – Hm requerido por cada uno de los meses proyectados

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Total de H-H requerido
2017	Noviembre	25	19,132	13,985
	Diciembre	24	18,704	13,672
2018	Enero	26	14,070	10,285
	Febrero	24	13,382	9,783
	Marzo	25	15,128	11,059
	Abril	25	13,817	10,100
	Mayo	26	14,054	10,273
	Junio	24	14,152	10,345
	Julio	25	15,792	11,544
	Agosto	26	17,614	12,876
	Septiembre	25	19,850	14,510
	Octubre	26	20,516	14,998
	Noviembre	25	21,681	15,849
	Diciembre	24	21,285	15,559
				174,838

Fuente: Elaboración propia

6.2.3.1. Plan 1: Producción laboral Constante y subcontratación

Tabla N° 13: Plan 1

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Hrs requeridas (Hrs-Hm / mes)	Hrs disponible por operario	N° de operarios	Hrs producidas/mes (Hrs-Hm / mes)	Hrs no cubierta/mes (Hrs-Hm / mes)	Costo de Hrs normales (soles/mes)	Costo por subcontratar (soles/mes)
2017	Noviembre	25	19,132	13,985	400	31	12,400	1,585	S/. 27,528	S/. 3,872
	Diciembre	24	18,704	13,672	384	31	11,904	1,768	S/. 26,427	S/. 4,318
2018	Enero	26	14,070	10,285	416	31	12,896	0	S/. 28,629	S/. 0
	Febrero	24	13,382	9,783	384	31	11,904	0	S/. 26,427	S/. 0
	Marzo	25	15,128	11,059	400	31	12,400	0	S/. 27,528	S/. 0
	Abril	25	13,817	10,100	400	31	12,400	0	S/. 27,528	S/. 0
	Mayo	26	14,054	10,273	416	31	12,896	0	S/. 28,629	S/. 0
	Junio	24	14,152	10,345	384	31	11,904	0	S/. 26,427	S/. 0
	Julio	25	15,792	11,544	400	31	12,400	0	S/. 27,528	S/. 0
	Agosto	26	17,614	12,876	416	31	12,896	0	S/. 28,629	S/. 0
	Septiembre	25	19,850	14,510	400	31	12,400	2,110	S/. 27,528	S/. 5,153
	Octubre	26	20,516	14,998	416	31	12,896	2,102	S/. 28,629	S/. 5,132
	Noviembre	25	21,681	15,849	400	31	12,400	3,449	S/. 27,528	S/. 8,421
	Diciembre	24	21,285	15,559	384	31	11,904	3,655	S/. 26,427	S/. 8,926
									S/. 385,392	S/. 35,822
									TOTAL	S/. 421,214

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de Plan 1: Estos cálculos es referencial para el mes de noviembre 2017

El total de horas disponibles por operario por cada mes, se calcula de la siguiente manera:

$$Hrs\ disponibles\ por\ operario\ (noviembre) = 16 \frac{Hrs}{día} \times 25 \frac{días}{mes} = 400 \frac{Hrs}{mes}$$

El total de Horas - Hombre que puedo disponer de acuerdo a la capacidad:

$$Hrs\ Producidas\ (noviembre) = 400 \frac{Hrs}{mes} \times 31\ Hombres = 12,400 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

El total de Horas – Hombre no cubiertas debido a la capacidad (Hrs requeridas – Hrs producidas):

$$Hrs\ no\ cubiertas = \left(13,985 \frac{Hrs - Hm}{mes} \right) - \left(12,400 \frac{Hrs - Hm}{mes} \right) = 1,585 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Con todos estos cálculos podemos hallar el Costo de Horas Normales por cada mes:

$$Costo\ de\ Hora\ Normal = \left(12,400 \frac{Hrs - Hm}{mes} \right) \times \left(2.2 \frac{Soles}{Hrs - Hm} \right) = 27,528 \frac{Soles}{mes}$$

El costo total de las horas que no se pueden cubrir, se subcontrataran:

$$Costo\ por\ subcontratar = \left(1,585 \frac{Hrs - Hm}{mes} \right) \times \left(2.4 \frac{Soles}{Hrs - Hm} \right) = 3,872 \frac{Soles}{mes}$$

Y finalmente sumamos de todos los meses los costos incurridos por este plan 1:

$$\sum_{k=Nov\ 2017}^{dic\ 2018} Costo\ Total\ (Plan\ 1) = 421,214\ Soles$$

6.2.3.2. Plan 2: Producción laboral constante, hacer uso de horas extras y subcontratar

Tabla N° 14: Plan 2

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Hrs demandadas (Hrs-Hm / mes)	Hrs disponible por operario (Hrs-Hm / mes*persona)	N° de operarios	Hrs producidas/mes (Hrs-Hm / mes)	Hrs no cubierta/mes (Hrs-Hm / mes)	Hrs extras totales/mes (Hrs-Hm / mes)	Hrs Subcontratadas/mes (Hrs-Hm / mes)	Costo de Hrs normales (soles/mes)	Costo por Hrs extras (soles/mes)	Costo por subcontratar (soles/mes)
2017	Noviembre	25	19,132	13,985	400	31	12,400	1,585	713	872	S/. 27,528	S/. 1,980	S/. 2,129
	Diciembre	24	18,704	13,672	384	31	11,904	1,768	796	973	S/. 26,427	S/. 2,208	S/. 2,375
2018	Enero	26	14,070	10,285	416	31	12,896	0	0	0	S/. 28,629	S/. 0	S/. 0
	Febrero	24	13,382	9,783	384	31	11,904	0	0	0	S/. 26,427	S/. 0	S/. 0
	Marzo	25	15,128	11,059	400	31	12,400	0	0	0	S/. 27,528	S/. 0	S/. 0
	Abril	25	13,817	10,100	400	31	12,400	0	0	0	S/. 27,528	S/. 0	S/. 0
	Mayo	26	14,054	10,273	416	31	12,896	0	0	0	S/. 28,629	S/. 0	S/. 0
	Junio	24	14,152	10,345	384	31	11,904	0	0	0	S/. 26,427	S/. 0	S/. 0
	Julio	25	15,792	11,544	400	31	12,400	0	0	0	S/. 27,528	S/. 0	S/. 0
	Agosto	26	17,614	12,876	416	31	12,896	0	0	0	S/. 28,629	S/. 0	S/. 0
	Septiembre	25	19,850	14,510	400	31	12,400	2,110	950	1,161	S/. 27,528	S/. 2,635	S/. 2,834
	Octubre	26	20,516	14,998	416	31	12,896	2,102	946	1,156	S/. 28,629	S/. 2,624	S/. 2,823
	Noviembre	25	21,681	15,849	400	31	12,400	3,449	1,552	1,897	S/. 27,528	S/. 4,306	S/. 4,632
	Diciembre	24	21,285	15,559	384	31	11,904	3,655	1,645	2,010	S/. 26,427	S/. 4,564	S/. 4,909
											S/. 385,392	S/. 18,318	S/. 19,702

TOTAL	S/. 423,412
--------------	--------------------

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de plan 2: Este cálculo es referencial para el mes de noviembre 2017

Para los cálculos de Horas disponible por Operario, Horas producidas y Horas no cubiertas, son lo mismo que el plan 1; de estas horas no cubiertas por política de la empresa solo se permite realizar el 45% en sobre-tiempo, entonces:

Las Horas extras totales será:

$$Hrs\ extras\ totales\ (noviembre) = 1,585 \frac{Hrs - Hm}{mes} \times 45\% = 713 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Las horas restantes no cubiertas por las horas extras se subcontrataran:

$$Hrs\ no\ cubiertas = \left(1,585 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) - \left(713 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) = 872 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Con todos estos cálculos podemos hallar el Costo de Horas Normales, costos por Horas Extras y el Costo por subcontratar:

$$Costo\ de\ Hora\ Normal = \left(12,400 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.2 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 27,528 \frac{Soles}{mes}$$

$$Costo\ por\ Hrs\ Extras = \left(713 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.8 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 1,980 \frac{Soles}{mes}$$

$$Costo\ por\ subcontratar = \left(872 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.4 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 2,129 \frac{Soles}{mes}$$

Y finalmente sumamos de todos los meses los costos incurridos por este plan 2:

$$\sum_{k=Nov\ 2017}^{dic\ 2018} Costo\ Total\ (Plan\ 2) = 423,412\ Soles$$

6.2.3.3. Plan 3: Atención de la demanda con contratación y despidos

Tabla N° 15: Plan 3

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Hrs demandadas (Hrs-Hm / mes)	Hrs disponible por operario	N° de operarios necesarios	Hrs producidas (Hrs-Hm / mes)	N° de personas (Contratación)	N° de personas (Despedidos)	Costo por contratación (soles/mes)	Costo por despido (soles/mes)	Costo por hora normal (soles/mes)
2017	Noviembre	25	19,132	13,985	400	35	14,000	4	0	S/. 252	S/. 0	S/. 31,080
	Diciembre	24	18,704	13,672	384	36	13,824	5	0	S/. 315	S/. 0	S/. 30,689
2018	Enero	26	14,070	10,285	416	25	10,400	0	11	S/. 0	S/. 902	S/. 23,088
	Febrero	24	13,382	9,783	384	25	9,600	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 21,312
	Marzo	25	15,128	11,059	400	28	11,200	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 24,864
	Abril	25	13,817	10,100	400	25	10,000	0	3	S/. 0	S/. 246	S/. 22,200
	Mayo	26	14,054	10,273	416	25	10,400	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 23,088
	Junio	24	14,152	10,345	384	27	10,368	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 23,017
	Julio	25	15,792	11,544	400	29	11,600	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 25,752
	Agosto	26	17,614	12,876	416	31	12,896	0	0	S/. 0	S/. 0	S/. 28,629
	Septiembre	25	19,850	14,510	400	36	14,400	5	0	S/. 315	S/. 0	S/. 31,968
	Octubre	26	20,516	14,998	416	36	14,976	5	0	S/. 315	S/. 0	S/. 33,247
	Noviembre	25	21,681	15,849	400	40	16,000	9	0	S/. 567	S/. 0	S/. 35,520
	Diciembre	24	21,285	15,559	384	41	15,744	10	0	S/. 630	S/. 0	S/. 34,952
										S/. 2,394	S/. 1,148	S/. 389,406

TOTAL	S/. 392,948
-------	--------------------

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de plan 3: Este cálculo es referencial para el mes de noviembre 2017

Para el cálculo de Horas disponible es lo mismo que el plan 1, y con ello se realiza el cálculo del número de operarios necesarios para cumplir con la demanda:

$$N^{\circ} \text{ de operarios necesarios} = \left(13,985 \frac{\text{Hrs} - \text{Hm}}{\text{mes}} \right) / \left(400 \frac{\text{Hrs}}{\text{mes}} \right) = 35 \text{ operarios}$$

Si el N° de operarios necesarios es mayor a la cantidad de operarios actual (31 operarios), se procederá a contratar el adicional:

$$N^{\circ} \text{ de operarios a contratar} = 35 \text{ operarios} - 31 \text{ operarios} = 4 \text{ operarios}$$

Si el N° de operarios necesarios del mes anterior es mayor del mes actual, se procederá a despedir al personal; por ejemplo para el mes de diciembre 2017 y enero 2018:

$$N^{\circ} \text{ de ope. despedidos} = 36 \text{ Ope. (dic - 17)} - 25 \text{ Ope. (ene - 18)} = 11 \text{ operarios}$$

Con el N° de operarios necesarios calculado anteriormente se halla la cantidad de Horas – Hombre producidas por cada mes:

$$\text{Hrs Producidas} = 400 \frac{\text{Hrs}}{\text{mes}} \times 35 \text{ operarios} = 14,000 \frac{\text{Hrs} - \text{Hm}}{\text{mes}}$$

Con todos estos cálculos podemos hallar el Costo de Horas Normales, costos por contratación de personal y el Costo por despido.

$$\text{Costo de Hora Normal} = \left(14,000 \frac{\text{Hrs} - \text{Hm}}{\text{mes}} \right) \times \left(2.2 \frac{\text{Soles}}{\text{Hrs} - \text{Hm}} \right) = 31,080 \frac{\text{Soles}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo por contratación} = 4 \frac{\text{operarios}}{\text{mes}} \times \left(63 \frac{\text{Soles}}{\text{operario}} \right) = 252 \frac{\text{Soles}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo por despido} = \left(0 \frac{\text{operarios}}{\text{mes}} \right) \times \left(82 \frac{\text{Soles}}{\text{operario}} \right) = 0 \frac{\text{Soles}}{\text{mes}}$$

Y finalmente sumamos de todos los meses los costos incurridos por este plan 3:

$$\sum_{k=\text{Nov } 2017}^{\text{dic } 2018} \text{Costo Total (Plan 3)} = 392,948 \text{ Soles}$$

6.2.3.4. Plan 4: Manteniendo la fuerza laboral constante, considerando el mes de menor demanda y Horas extras

Tabla N° 16: Plan 4

Número de trabajadores requeridos: **25** operarios

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Hrs demandadas (Hrs-Hm / mes)	Hrs demandadas/día (Hrs-Hm / día)	N° de operarios	Hrs disponible (Hrs-Hm / mes*persona)	Hrs Extras Totales (Hrs-Hm / mes*persona)	Costo por hora normal (soles/mes)	Costo por Hrs extras (soles/mes)
2017	Noviembre	25	19,132	13,985	559	25	10,000	3,985	S/. 22,200	S/. 11,060
	Diciembre	24	18,704	13,672	570	25	9,600	4,072	S/. 21,312	S/. 11,301
2018	Enero	26	14,070	10,285	396	25	10,400	0	S/. 23,088	S/. 0
	Febrero	24	13,382	9,783	408	25	9,600	183	S/. 21,312	S/. 507
	Marzo	25	15,128	11,059	442	25	10,000	1,059	S/. 22,200	S/. 2,938
	Abril	25	13,817	10,100	404	25	10,000	100	S/. 22,200	S/. 278
	Mayo	26	14,054	10,273	395	25	10,400	0	S/. 23,088	S/. 0
	Junio	24	14,152	10,345	431	25	9,600	745	S/. 21,312	S/. 2,067
	Julio	25	15,792	11,544	462	25	10,000	1,544	S/. 22,200	S/. 4,285
	Agosto	26	17,614	12,876	495	25	10,400	2,476	S/. 23,088	S/. 6,871
	Septiembre	25	19,850	14,510	580	25	10,000	4,510	S/. 22,200	S/. 12,516
	Octubre	26	20,516	14,998	577	25	10,400	4,598	S/. 23,088	S/. 12,758
	Noviembre	25	21,681	15,849	634	25	10,000	5,849	S/. 22,200	S/. 16,230
	Diciembre	24	21,285	15,559	648	25	9,600	5,959	S/. 21,312	S/. 16,536
									S/. 310,800	S/. 97,346
									TOTAL	S/. 408,146

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de plan 4: Este cálculo es referencial para el mes de noviembre 2017

El total de horas demandas por día:

$$Hrs\ demandas\ por\ día = \left(13,985 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) / \left(25 \frac{días}{mes}\right) = 559 \frac{Hrs - Hm}{día}$$

Con el mes de menor valor de las Hrs demandas por día, se halla el menor número de operarios requeridos y con ello analizar las horas normales de trabajo y horas extras, en este caso es el mes de mayo 2018

$$N^{\circ}\ de\ operarios = \left(395 \frac{Hrs - Hm}{día}\right) / \left(16 \frac{Hrs}{día}\right) = 25\ operarios$$

Con el número de operarios obtenidos y los días por cada mes, se halla el total de Hrs disponible por mes:

$$Hrs\ disponible = \left(25 \frac{días}{mes}\right) \times \left(25 \frac{Hrs}{día}\right) \times 46\ operarios = 10,000 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Si las Hrs demandadas es superior la Hrs disponible, entonces se realizaran horas extras para poder cumplir con la producción.

$$Hrs\ Extras = \left(13,985 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) - \left(10,000 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) = 3,985 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Con todos estos cálculos podemos hallar el Costo de Horas Normales y el Costos por Hrs extras incurridos:

$$Costo\ de\ Hora\ Normal = \left(10,000 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.2 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 22,200 \frac{Soles}{mes}$$

$$Costo\ por\ Hrs\ Extras = \left(3,985 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.8 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 11,060 \frac{Soles}{mes}$$

Y finalmente sumamos de todos los meses los costos incurridos por este plan 4:

$$\sum_{k=Nov\ 2017}^{dic\ 2018} Costo\ Total\ (Plan\ 4) = 408,146\ Soles$$

6.2.3.5. Plan 5: Manteniendo la fuerza laboral constante, analizando las horas en stock

Tabla N° 17: Plan 5

Año	Mes	N° de Días	Programa de producción (m2)	Hrs demandadas (Hrs-Hm / mes)	Hrs disponible (Hrs-Hm / mes)	Hrs no cubiertas/mes (Hrs-Hm / mes)	Hrs Stock (Hrs/mes)	Costo por hora normal (soles/mes)	Costo por Hrs extras (soles/mes)	Costo por horas en stock (soles/mes)
2017	Noviembre	25	19,132	13,985	12,800	1,185	0	S/. 28,416	S/. 3,290	S/. 0
	Diciembre	24	18,704	13,672	12,288	1,384	0	S/. 27,279	S/. 3,841	S/. 0
2018	Enero	26	14,070	10,285	13,312	0	3,027	S/. 29,553	S/. 0	S/. 6,720
	Febrero	24	13,382	9,783	12,288	0	2,505	S/. 27,279	S/. 0	S/. 5,562
	Marzo	25	15,128	11,059	12,800	0	1,741	S/. 28,416	S/. 0	S/. 3,866
	Abril	25	13,817	10,100	12,800	0	2,700	S/. 28,416	S/. 0	S/. 5,993
	Mayo	26	14,054	10,273	13,312	0	3,039	S/. 29,553	S/. 0	S/. 6,746
	Junio	24	14,152	10,345	12,288	0	1,943	S/. 27,279	S/. 0	S/. 4,314
	Julio	25	15,792	11,544	12,800	0	1,256	S/. 28,416	S/. 0	S/. 2,788
	Agosto	26	17,614	12,876	13,312	0	436	S/. 29,553	S/. 0	S/. 968
	Septiembre	25	19,850	14,510	12,800	1,710	0	S/. 28,416	S/. 4,746	S/. 0
	Octubre	26	20,516	14,998	13,312	1,686	0	S/. 29,553	S/. 4,677	S/. 0
	Noviembre	25	21,681	15,849	12,800	3,049	0	S/. 28,416	S/. 8,460	S/. 0
	Diciembre	24	21,285	15,559	12,288	3,271	0	S/. 27,279	S/. 9,077	S/. 0
TOTAL		350		174,838				S/. 397,824	S/. 34,092	S/. 36,957

Hrs requeridas/día	500
N° de operarios requeridos	32
N° de operarios adicionales	1

Costo de contratar	S/. 63
Costo de producción	S/. 468,873
Costo Total	S/. 468,936

Fuente: Elaboración propia

Cálculos de plan 5: Este cálculo es referencial para el mes de noviembre 2017

Primero se halla las Hrs requeridas/día, que es la división del total de Hrs demandadas con el total de N° de días:

$$Hrs\ requeridas\ por\ día = \left(174,838 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) / \left(350 \frac{días}{mes}\right) = 500 \frac{Hrs - Hm}{día}$$

Con ello hallamos el N° de operarios requeridos:

$$N^{\circ}\ de\ operarios\ requeridos = \left(500 \frac{Hrs - Hm}{día}\right) / \left(16 \frac{Hrs}{día}\right) = 32\ operarios$$

Ahora con el N° de operarios requeridos hallamos el total de Hrs disponibles:

$$Hrs\ disponible = \left(25 \frac{días}{mes}\right) \times \left(16 \frac{Hrs}{día}\right) \times 32\ operarios = 12,800 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Si las Hrs demandadas es mayor que las Hrs disponible se tendrán horas no cubiertas; Si es lo contrario tendré horas en stock

$$Hrs\ no\ cubiertas = \left(13,985 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) - \left(12,800 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) = 1,185 \frac{Hrs - Hm}{mes}$$

Con todos estos cálculos podemos hallar el Costo de Horas Normales y el Costos por Hrs extras y costo por horas en stock:

$$Costo\ de\ Hora\ Normal = \left(12,800 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.2 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 28,416 \frac{Soles}{mes}$$

$$Costo\ por\ Hrs\ Extras = \left(1,185 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.8 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 3,290 \frac{Soles}{mes}$$

$$Costo\ por\ Hrs\ en\ Stock = \left(0 \frac{Hrs - Hm}{mes}\right) \times \left(2.2 \frac{Soles}{Hrs - Hm}\right) = 0 \frac{Soles}{mes}$$

Como contamos con 31 operarios y se requieren 58 operarios, se contrataría 27 operarios adicionales.

$$Costo\ por\ contratar = 63 \frac{Soles}{operarios} \times 1\ operarios = 63\ Soles$$

Y finalmente sumamos de todos los meses los costos incurridos por este plan 5:

$$\sum_{k=Nov\ 2017}^{dic\ 2018} Costo\ Total\ (Plan\ 5) = 468,93\ Soles$$

Tabla N° 18: Resumen de plan agregado

RESUMEN	PLANES DE PRODUCCIÓN	COSTO TOTAL
PLAN 1	Producción laboral Constante y tercerización de Hrs - Hm	S/. 421,214
PLAN 2	Producción laboral constante, hacer uso de horas extras y subcontratar	S/. 423,412
PLAN 3	Atención de la demanda con contratación y despidos	S/. 392,948
PLAN 4	Manteniendo la fuerza laboral constante, considerando el mes de menor demanda y Hrs extras	S/. 408,146
PLAN 5	Manteniendo la fuerza laboral constante, analizando las horas en stock	S/. 468,936

Fuente: Elaboración propia

El plan 3 es óptimo en costos, ello se debe llevar a cabo con una buena programación de adelanto de vacaciones y/o permisos de personales operativos, para no limitarse a despedir personal, como se había mencionado líneas arriba nuestra demanda es estacional, y los meses de menor demanda son de enero a agosto, ello se ve reflejado en el análisis de todos los planes y el plan 3 es el óptimo para minimizar los costos de producción

6.2.4. Plan Maestro de Producción

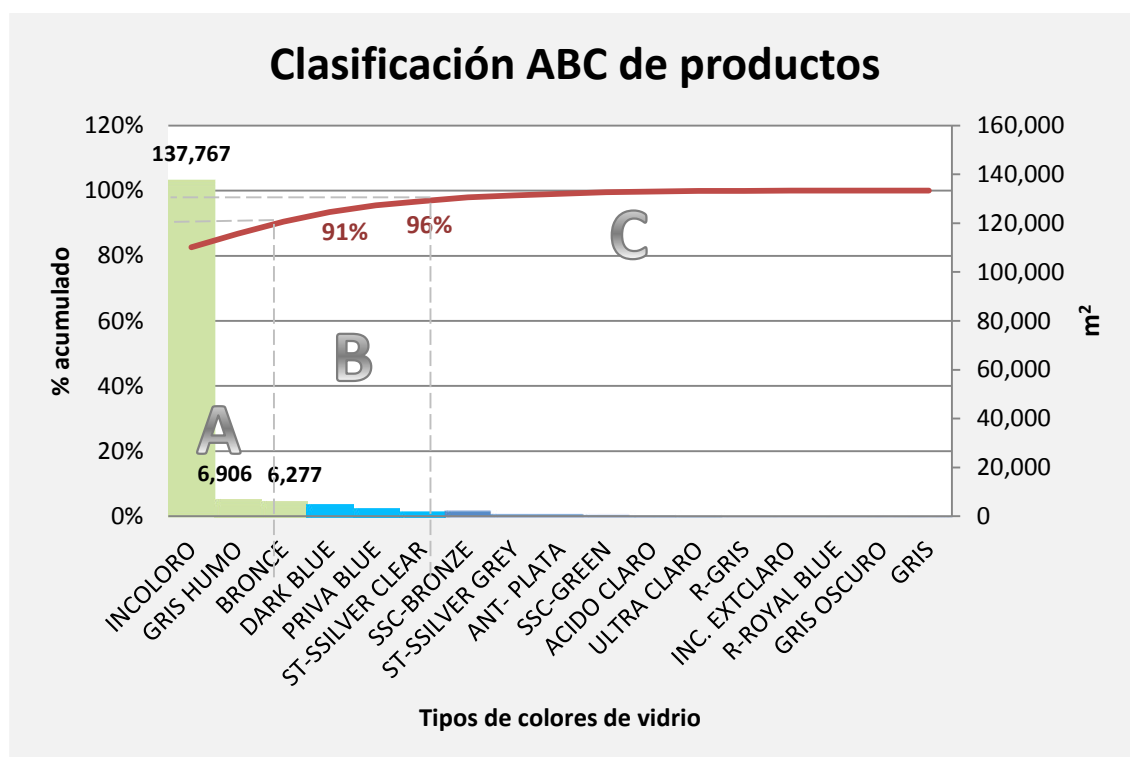
Para realizar el plan maestro de producción por tipo de vidrio se procedió en primer lugar a determinar la clasificación ABC del vidrio Templado (Tabla N° 19) por el tipo de color de vidrios más demandados.

Tabla N° 19: Clasificación ABC por color de Vidrio Templado

COLOR DE VIDRIO	VENTA ANUAL (m2)	% ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
INCOLORO	137,767	82.61%	A
GRIS HUMO	6,906	86.75%	
BRONCE	6,277	90.51%	
DARK BLUE	4,896	93.45%	B
PRIVA BLUE	3,431	95.51%	
ST-SSILVER CLEAR	2,041	96.73%	
SSC-BRONZE	1,966	97.91%	C
ST-SSILVER GREY	998	98.51%	
ANT- PLATA	927	99.07%	
SSC-GREEN	697	99.48%	
ACIDO CLARO	439	99.75%	
ULTRA CLARO	252	99.90%	
R-GRIS	67	99.94%	
INC. EXTCLARO	58	99.97%	
R-ROYAL BLUE	40	100.00%	
GRIS OSCURO	5	100.00%	
GRIS	1	100.00%	

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 34: Gráfico de la clasificación ABC por color de Vidrio Templado



Fuente: Elaboración propia

La demanda del Vidrio Incoloro representa el 82% de la venta total, seguido por el vidrio de color como el Gris Humo, Bronce, Dark Blue y Priva Blue, esto hace que se debe contar un adecuado plan maestro de producción

Según la clasificación ABC de productos se determinó la producción mensual por tipo de color de vidrio (Figura N° 34), se utilizó la técnica combinada de proyección: Estacionalidad y tendencia (regresión de 2do grado), y para hallar la producción semanal se dividió en cuatro la producción mensual y se multiplico por el índice estacional, y de esta manera tener los datos más aproximados a la producción real. En la Tabla N° 21 se detalla el total de la producción semanal y mensual para cumplir con la demanda por tipo de color de vidrio.

Tabla N° 20: Producción mensual proyectada por color de vidrio (vidrios más vendidos)

Año	Mes	Vidrio Incoloro (m²)	Vidrio Bronce (m²)	Vidrio Gris Humo (m²)	Vidrio Dark Blue (m²)	Vidrio Priva Blue (m²)	Vidrio Silver Clear (m²)
2017	Noviembre	14,572	443	863	620	204	158
	Diciembre	14,097	406	843	608	249	152
2018	Enero	10,485	284	633	458	189	113
	Febrero	9,853	250	601	437	182	107
	Marzo	10,994	258	677	494	208	119
	Abril	9,903	214	616	451	191	107
	Mayo	9,925	194	624	458	196	108
	Junio	9,837	172	625	461	199	107
	Julio	10,796	165	693	512	224	118
	Agosto	11,830	153	768	570	251	130
	Septiembre	13,083	138	858	639	285	144
	Octubre	13,257	106	879	657	296	147
	Noviembre	13,719	73	920	690	314	153
	Diciembre	13,175	33	894	672	309	148

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: Plan Maestro de producción por tipo de color de vidrio (m2)

AÑO	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vidrio Incoloro/mes	14,572 m ²				14,097 m ²				10,485 m ²				9,853 m ²				10,994 m ²				9,903 m ²			
Producción/Sem.	1,370	5,259	5,789	2,154	1,326	5,088	5,601	2,083	986	3,784	4,166	1,550	927	3,556	3,914	1,456	1,034	3,968	4,368	1,625	931	3,574	3,934	1,464
Gris Humo/mes	620 m ²				608 m ²				458 m ²				437 m ²				494 m ²				451 m ²			
Producción/Sem.	170	57	392	0	167	56	384	0	126	42	290	0	120	40	276	0	136	45	312	0	124	41	285	0
Bronce/mes	443 m ²				406 m ²				284 m ²				250 m ²				258 m ²				214 m ²			
Producción/Sem.	89	204	78	72	81	187	71	66	57	131	50	46	50	115	44	41	52	119	45	42	43	99	38	35
Dark Blue/mes	620 m ²				608 m ²				458 m ²				437 m ²				494 m ²				451 m ²			
Producción/Sem.	170	57	392	0	167	56	384	0	126	42	290	0	120	40	276	0	136	45	312	0	124	41	285	0
Priva Blue/mes	204 m ²				249 m ²				189 m ²				182 m ²				208 m ²				191 m ²			
Producción/Sem.	26	96	50	31	32	117	61	38	24	89	47	29	24	85	45	28	27	98	51	32	25	90	47	30
Silver Clear/mes	158 m ²				152 m ²				113 m ²				107 m ²				119 m ²				107 m ²			
Producción/Sem.	20	74	39	24	20	72	38	24	15	53	28	18	14	50	26	16	15	56	29	18	14	50	26	17
TOTAL/SEM.	1,847	5,747	6,740	2,282	1,793	5,575	6,539	2,212	1,334	4,141	4,870	1,643	1,254	3,887	4,582	1,542	1,400	4,331	5,118	1,718	1,261	3,896	4,616	1,545
TOTAL/MES	16,615 m²				16,120 m²				11,989 m²				11,264 m²				12,567 m²				11,318 m²			

Fuente: Elaboración propia

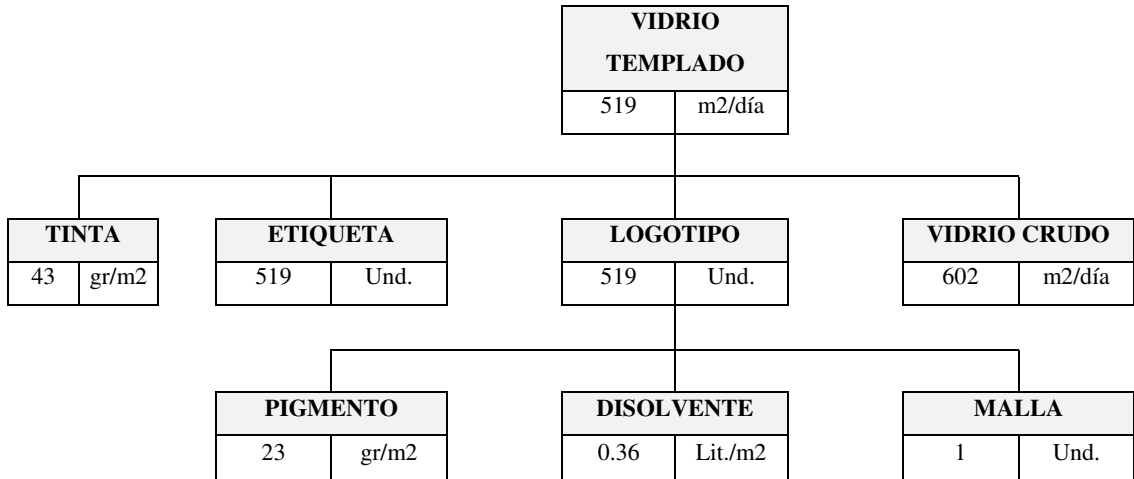
AÑO	MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vidrio Incoloro/mes	9,925 m²				9,837 m²				10,796 m²				11,830 m²				13,083 m²				13,257 m²			
Producción/Sem.	933	3,582	3,943	1,467	925	3,550	3,908	1,454	1,015	3,896	4,289	1,595	1,112	4,269	4,700	1,748	1,230	4,722	5,198	1,933	1,247	4,784	5,267	1,959
Gris Humo/mes	458 m²				461 m²				512 m²				570 m²				639 m²				657 m²			
Producción/Sem.	126	42	290	0	127	42	291	0	141	47	324	0	157	52	360	0	176	59	404	0	181	60	415	0
Bronce/mes	194 m²				172 m²				165 m²				153 m²				138 m²				106 m²			
Producción/Sem.	39	90	34	32	34	79	30	28	33	76	29	27	31	71	27	25	28	64	24	22	21	49	19	17
Dark Blue/mes	458 m²				461 m²				512 m²				570 m²				639 m²				657 m²			
Producción/Sem.	126	42	290	0	127	42	291	0	141	47	324	0	157	52	360	0	176	59	404	0	181	60	415	0
Priva Blue/mes	196 m²				199 m²				224 m²				251 m²				285 m²				296 m²			
Producción/Sem.	25	92	48	30	26	94	49	31	29	105	55	35	33	118	62	39	37	134	70	44	38	139	73	46
Silver Clear/mes	108 m²				107 m²				118 m²				130 m²				144 m²				147 m²			
Producción/Sem.	14	51	27	17	14	50	26	17	15	55	29	18	17	61	32	20	19	68	36	22	19	69	36	23
TOTAL/SEMANA	1,264	3,898	4,632	1,546	1,253	3,858	4,596	1,530	1,375	4,227	5,050	1,676	1,506	4,624	5,541	1,833	1,665	5,104	6,136	2,023	1,687	5,162	6,225	2,045
TOTAL/MES	11,340 m²				11,237 m²				12,327 m²				13,503 m²				14,927 m²				15,119 m²			

Fuente: Elaboración propia

6.2.5. Plan de Requerimiento de Materiales (MRP)

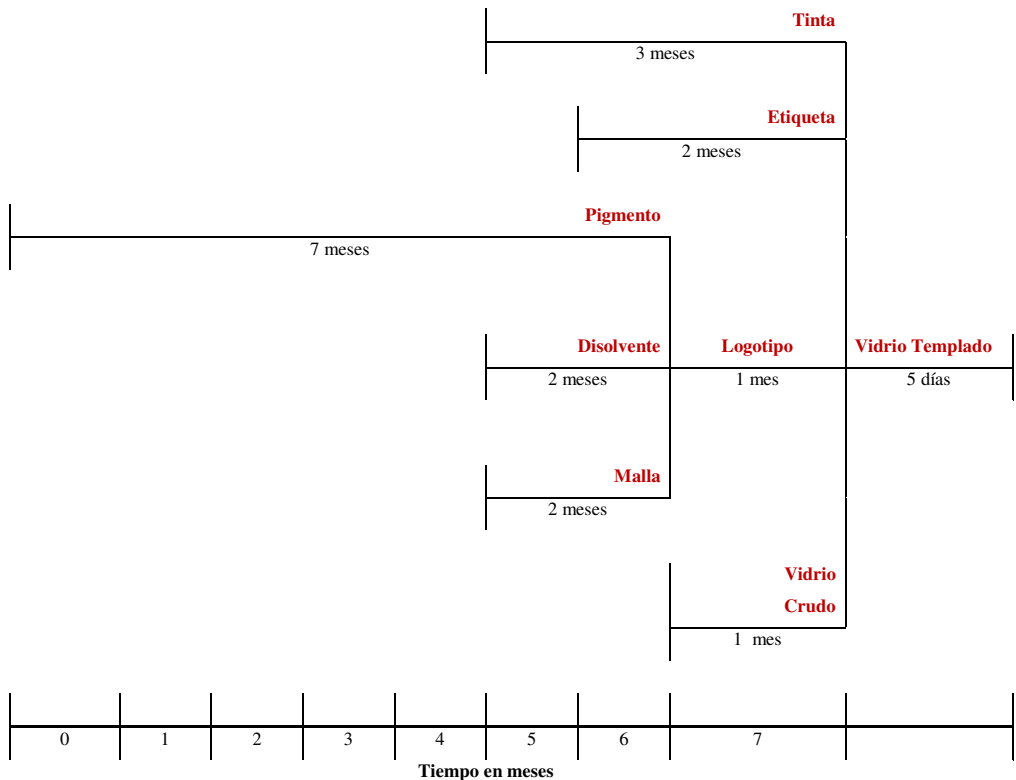
El plan de requerimiento de materiales del vidrio templado, se realizó con la producción promedio diaria de 519 m²/día, con ello se realizó los cálculos de las cantidades necesarias de cada componente que interviene.

Figura N° 35: Estructura del producto “Vidrio Templado”



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 36: Plazo de entrega de cada uno de los componentes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la estructura del producto (Figura N° 35), por el tema de volumen de requerimiento, el material más crítico es el Vidrio Crudo que tiene un mes de plazo de entrega, por ello se ha realizado un adecuado estudio y análisis de requerimiento.

El porcentaje de requerimiento del vidrio crudo debe ser el 14.8% más del total del pedido, por el tema de merma al realizar el tronzado de vidrios y un adicional de 1.2% más por el tema de reposiciones (roturas de vidrio en proceso), y se tiene un saldo a favor de 1.4% del total, por inventario de retazos medianos (1 m² x 0.6 m²) reutilizables que sobran de los pedidos anteriores.

Para determinar el Plan de Requerimiento de Materiales, se utilizó la producción mensual y semanal hallada en el Plan de maestro de producción (Tabla N° 21), y con ello de acuerdo a los porcentajes de requerimiento y condiciones se elaboró el Plan de Requerimiento de Materiales del Vidrio Crudo, en el recuadro inferior de colores indica la fecha y la cantidad exacta en metros cuadrados para la emisión de pedidos de vidrio crudo. (Tabla N° 22, 23, 24, 25, 26, 27)

Tabla N° 22: Programa de requerimiento de Vidrio Incoloro (m2)

INCOLORO	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pron. /Mes	14,572 m ²				14,097				10,485 m ²				9,853 m ²				10,994 m ²				9,903 m ²			
Pron. /Sem.	1,370	5,259	5,789	2,154	1,326	5,088	5,601	2,083	986	3,784	4,166	1,550	927	3,556	3,914	1,456	1,034	3,968	4,368	1,625	931	3,574	3,934	1,464
Inv. Inicial /Sem.	48	22	84	93	35	21	82	90	33	16	61	67	25	15	57	63	23	17	64	70	26	15	57	63
Req. Adicional	200	768	845	314	194	743	818	304	144	552	608	226	135	519	572	213	151	579	638	237	136	522	574	214
Req. Bruto /Sem.	1,571	6,027	6,635	2,468	1,519	5,830	6,418	2,388	1,130	4,337	4,774	1,776	1,062	4,075	4,486	1,669	1,185	4,547	5,006	1,862	1,067	4,096	4,509	1,677
inv. Final/Sem.	22	84	93	35	21	82	90	33	16	61	67	25	15	57	63	23	17	64	70	26	15	57	63	23
Req. Neto /Sem.	1,523	6,005	6,550	2,375	1,485	5,809	6,337	2,298	1,097	4,321	4,713	1,709	1,037	4,060	4,429	1,606	1,162	4,530	4,942	1,792	1,041	4,081	4,451	1,614
Emisión de Pedidos	ENERO 2018 11,840 m ²				FEBRERO 2018 11,132 m ²				MARZO 2018 12,426 m ²				ABRIL 2018 11,187 m ²				MAYO 2018 11,215 m ²				JUNIO 2018 11,116 m ²			

MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
9,925 m ²				9,837 m ²				10,796 m ²				11,830 m ²				13,083 m ²				13,257 m ²			
933	3,582	3,943	1,467	925	3,550	3,908	1,454	1,015	3,896	4,289	1,595	1,112	4,269	4,700	1,748	1,230	4,722	5,198	1,933	1,247	4,784	5,267	1,959
23	15	57	63	24	15	57	63	23	16	63	69	26	18	68	75	28	20	76	83	31	20	77	84
136	523	576	214	135	518	571	212	148	569	626	233	162	623	686	255	180	689	759	282	182	698	769	286
1,070	4,105	4,519	1,681	1,060	4,069	4,479	1,666	1,163	4,465	4,915	1,828	1,275	4,892	5,386	2,003	1,410	5,411	5,956	2,216	1,429	5,483	6,036	2,245
15	57	63	24	15	57	63	23	16	63	69	26	18	68	75	28	20	76	83	31	20	77	84	31
1,046	4,090	4,461	1,618	1,037	4,054	4,422	1,603	1,140	4,449	4,853	1,760	1,249	4,875	5,317	1,928	1,382	5,391	5,881	2,132	1,398	5,463	5,959	2,161
JULIO 2018 12,201 m ²				AGOSTO 2018 13,369 m ²				SEPTIEMBRE 2018 14,786 m ²				OCTUBRE 2018 14,980 m ²				NOVIEMBRE 2018 15,503 m ²				DICIEMBRE 2018 14,886 m ²			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Programa de requerimiento de Vidrio Gris Humo (m2)

GRIS HUMO	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pron./Mes	863 m²				843 m²				633 m²				601 m²				677 m²				616 m²			
Pron./Sem.	237	79	546	0	232	77	533	0	174	58	400	0	165	55	380	0	186	62	428	0	170	57	390	0
Inv. Inicial	3	4	1	9	0	4	1	9	0	3	1	6	0	3	1	6	0	3	1	7	0	3	1	6
Req. Adicional	35	12	80	0	34	11	78	0	25	8	58	0	24	8	55	0	27	9	63	0	25	8	57	0
Req. Bruto	272	91	625	1	266	89	611	0	200	67	459	0	189	63	436	0	214	71	491	0	194	65	447	0
inv. Final	4	1	9	0	4	1	9	0	3	1	6	0	3	1	6	0	3	1	7	0	3	1	6	0
Req. Neto	269	87	624	0	266	85	610	0	200	64	458	0	189	61	435	0	214	68	490	0	194	62	446	0
Emisión de Pedidos	ENERO 2018 721 m²				FEBRERO 2018 685 m²				MARZO 2018 772 m²				ABRIL 2018 702 m²				MAYO 2018 711 m²				JUNIO 2018 712 m²			

MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
624 m²				625 m²				693 m²				768 m²				858 m²				879 m²			
172	57	395	0	172	57	395	0	191	64	438	0	211	71	485	0	236	79	543	0	242	81	556	0
0	3	1	6	0	3	1	6	0	3	1	7	0	3	1	8	0	4	1	9	0	4	1	9
25	8	58	0	25	8	58	0	28	9	64	0	31	10	71	0	34	12	79	0	35	12	81	0
197	66	452	0	197	66	453	0	219	73	502	0	242	81	556	0	271	90	622	1	277	93	637	1
3	1	6	0	3	1	6	0	3	1	7	0	3	1	8	0	4	1	9	0	4	1	9	0
197	63	451	0	197	63	452	0	219	70	501	0	242	77	555	0	271	87	621	0	277	89	636	0
JULIO 2018 790 m²				AGOSTO 2018 875				SEPTIEMBRE 2018 978 m²				OCTUBRE 2018 1,002 m²				NOVIEMBRE 2018 1,048 m²				DICIEMBRE 2018 1,018 m²			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24: Programa de requerimiento de vidrio Bronce (m2)

BRONCE	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pron./Mes	443 m²				406 m²				284 m²				250 m²				258 m²				214 m²			
Pron./Sem.	89	204	78	72	81	187	71	66	57	131	50	46	50	115	44	41	52	119	45	42	43	99	38	35
Inv. Inicial	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Req. Adicional	13	30	11	11	12	27	10	10	8	19	7	7	7	17	6	6	8	17	7	6	6	14	5	5
Req. Bruto	102	234	89	83	93	214	82	76	65	150	57	53	57	132	50	47	59	137	52	48	49	113	43	40
inv. Final	1	3	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Req. Neto	101	232	86	81	92	213	79	75	64	149	55	52	57	131	48	46	59	136	50	48	48	112	41	39
Emisión de Pedidos	ENERO 2018 321 m²				FEBRERO 2018 282 m²				MARZO 2018 292 m²				ABRIL 2018 241 m²				MAYO 2018 219 m²				JUNIO 2018 194 m²			

MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
194 m²				172 m²				165 m²				153 m²				138 m²				106 m²			
39	90	34	32	34	79	30	28	33	76	29	27	31	71	27	25	28	64	24	22	21	49	19	17
1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
6	13	5	5	5	12	4	4	5	11	4	4	4	10	4	4	4	9	4	3	3	7	3	3
45	103	39	36	39	91	35	32	38	87	33	31	35	81	31	29	32	73	28	26	24	56	21	20
1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
44	102	38	36	39	90	33	32	37	87	32	30	35	80	30	28	31	72	27	25	24	56	21	19
JULIO 2018 186 m²				AGOSTO 2018 173				SEPTIEMBRE 2018 156 m²				OCTUBRE 2018 120 m²				NOVIEMBRE 2018 82 m²				DICIEMBRE 2018 37 m²			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Programa de requerimiento de vidrio Dark Blue (m2)

DARK BLUE	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pron./Mes	620 m²				608 m²				458 m²				437 m²				494 m²				451 m²			
Pron./Sem.	266	40	287	27	261	39	281	27	197	29	212	20	187	28	202	19	212	32	229	22	193	29	209	20
Inv. Inicial	2	4	1	5	0	4	1	5	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	1	4	0	3	0	3
Req. Adicional	39	6	42	4	38	6	41	4	29	4	31	3	27	4	30	3	31	5	33	3	28	4	30	3
Req. Bruto	304	45	329	31	299	45	323	31	225	34	243	23	215	32	232	22	243	36	262	25	222	33	239	23
inv. Final	4	1	5	0	4	1	5	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	1	4	0	3	0	3	0
Req. Neto	302	41	328	27	298	40	322	26	225	30	243	20	214	29	231	19	242	33	262	21	221	30	239	19
Emisión de Pedidos	ENERO 2018 518 m²				FEBRERO 2018 493 m²				MARZO 2018 558 m²				ABRIL 2018 510 m²				MAYO 2018 518 m²				JUNIO 2018 520 m²			

MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
458 m²				461 m²				512 m²				570 m²				639 m²				657 m²			
197	29	212	20	197	29	213	20	220	33	237	23	244	36	264	25	274	41	296	28	282	42	304	29
0	3	0	3	0	3	0	3	0	4	1	4	0	4	1	4	0	4	1	5	0	5	1	5
29	4	31	3	29	4	31	3	32	5	35	3	36	5	39	4	40	6	43	4	41	6	44	4
225	34	243	23	226	34	244	23	252	38	272	26	280	42	302	29	314	47	339	32	323	48	349	33
3	0	3	0	3	0	3	0	4	1	4	0	4	1	4	0	4	1	5	0	5	1	5	0
225	30	243	20	226	31	244	20	252	34	271	22	280	38	302	24	314	42	338	27	322	44	348	28
JULIO 2018 579 m²				AGOSTO 2018 644 m²				SEPTIEMBRE 2018 722 m²				OCTUBRE 2018 742 m²				NOVIEMBRE 2018 779 m²				DICIEMBRE 2018 759 m²			

Tabla N° 26: Programa de requerimiento de vidrio Priva Blue (m2)

PRIVA BLUE	NOVIEMBRE 2017				DICIEMBRE 2017				ENERO 2018				FEBRERO 2018				MARZO 2018				ABRIL 2018			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pron./Mes	204 m²				249 m²				189 m²				182 m²				208 m²				191 m²			
Pron./Sem.	26	96	50	31	32	117	61	38	24	89	47	29	24	85	45	28	27	98	51	32	25	90	47	30
Inv. Inicial	1	0	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	1	1	0	1	1
Req. Adicional	4	14	7	5	5	17	9	6	4	13	7	4	3	12	7	4	4	14	7	5	4	13	7	4
Req. Bruto	30	110	57	36	37	134	70	44	28	102	53	34	27	98	51	32	31	112	59	37	28	103	54	34
inv. Final	0	2	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	1	1	0	1	1	0
Req. Neto	29	109	56	35	36	133	68	43	27	101	52	33	27	98	50	31	30	111	57	36	28	103	53	33
Emisión de Pedidos	ENERO 2018 214 m²				FEBRERO 2018 206 m²				MARZO 2018 235 m²				ABRIL 2018 216 m²				MAYO 2018 222 m²				JUNIO 2018 225 m²			

MAYO 2018				JUNIO 2018				JULIO 2018				AGOSTO 2018				SEPTIEMBRE 2018				OCTUBRE 2018			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
196 m²				199 m²				224 m²				251 m²				285 m²				296 m²			
25	92	48	30	26	94	49	31	29	105	55	35	33	118	62	39	37	134	70	44	38	139	73	46
0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
4	13	7	4	4	14	7	4	4	15	8	5	5	17	9	6	5	20	10	6	6	20	11	7
29	106	55	35	30	107	56	35	33	121	63	40	37	135	71	45	42	153	80	50	44	159	84	52
0	1	1	0	0	2	1	0	0	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1
29	105	54	34	29	107	55	34	33	120	62	39	37	135	69	44	42	153	78	49	43	159	81	51
JULIO 2018 253 m²				AGOSTO 2018 284 m²				SEPTIEMBRE 2018 322 m²				OCTUBRE 2018 334 m²				NOVIEMBRE 2018 355 m²				DICIEMBRE 2018 350 m²			

Fuente: Elaboración propia

Se realiza el resumen para los requerimientos totales de materia prima para el 2018 y los insumos que con frecuencia se requiere de acuerdo a la capacidad de producción establecida

Tabla N° 27: Resumen de requerimiento de vidrio crudo por color - 2018

FECHA DE REQUERIMIENTO		INCOLORO	BRONCE	GRIS HUMO	DARK BLUE	PRIVA BUE	UNID.
NOVIEMBRE	2017	11.840	321	721	518	214	m2
DICIEMBRE	2017	11.132	282	685	493	206	m2
ENERO	2018	12.426	292	772	558	235	m2
FEBRERO	2018	11.187	241	702	510	216	m2
MARZO	2018	11.215	219	711	518	222	m2
ABRIL	2018	11.116	194	712	520	225	m2
MAYO	2018	12.201	186	790	579	253	m2
JUNIO	2018	13.369	173	875	644	284	m2
JULIO	2018	14.786	156	978	722	322	m2
AGOSTO	2018	14.980	120	1.002	742	334	m2
SEPTIEMBRE	2018	15.503	82	1.048	779	355	m2
OCTUBRE	2018	14.886	37	1.018	759	350	m2

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28: Programa de requerimiento de insumos

Ítems	Descripción	Cantidad	Unidad	Tiempo de Requerimiento
1	Hojas bond	2	cajas	QUINCENAL
2	Toner 78 A	2	unidades	
3	Toner 83 A	2	unidades	
4	Toner 85 A	3	unidades	
5	Cintas de embalaje	12	unidades	
6	Cinta maskingtape	12	unidades	
7	Etiquetas precio	5	paquetes	
8	Grapas	10	unidades	
9	Aceite Wd-40	5	unidades	
10	Alcohol Isopropilico	6	unidades	
11	guantes de hilo	12	pares	MENSUAL
12	Guantes de jebe talla 8	15	pares	
13	Limpiador sapolio polvo	12	unidades	
14	Aceite vistony	5	unidades	
15	Guantes powert flex	100	pares	
16	wincha 5 metros	30	unidades	
17	Lentes 3m	50	unidades	CADA 2 MESES
18	Etiquetas para planeamiento cristal templado	30	millares	
19	mallla con logotipo	12	unidades	
20	Disolvente	1	litro	
21	oxido de cerio	5	kg	
22	Discos truper 4 1/2" para vidrio	20	unidades	CADA 3 MESES
23	Tapones	50	unidades	
24	Clavo en rollo	9	cajas	CADA 6 MESES
25	Zapato Talla 39 al 45	50	pares	
26	Pigmento negro	1	kg	
27	Etiquetas para planeamiento cristal laminado	5	millares	ANUAL
28	pigmento blanco	1	kg	

Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos

Variable Dependiente (Productividad)

a) Dimensión: Mano de Obra (Horas - Hombre)

N° de operarios: 31 operarios

Demanda mensual promedio: 16,778 m²/mes

N° de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$\text{Productividad M.O} = \frac{\text{M2 producidas por mes}}{\text{Horas Hombre trabajados al mes}}$$

$$\text{Productividad M.O} = \frac{16778 \frac{\text{m}^2}{\text{mes}}}{31 \text{ Operarios} \times 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 16 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 1.30 \frac{\text{m}^2}{\text{Hrs} - \text{Hm}}$$

Interpretación: Un trabajador en una hora produce 1.3 m² de vidrio templado en promedio.

b) Dimensión: Maquinaria (Horas – Máquina)

N° de máquinas: 9 máquinas

Demanda mensual promedio: 16,778 m²/mes

N° de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$\text{Productividad Maquinaria} = \frac{\text{M2 producidas por mes}}{\text{Horas Máquina trabajados al mes}}$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad Maquinaria} &= \frac{16,778 \frac{\text{m}^2}{\text{mes}}}{10 \text{ Máquinas} \times 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 16 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} \\ &= 4.03 \frac{\text{m}^2}{\text{Hrs} - \text{Mq}} \end{aligned}$$

Interpretación: Una máquina en una hora produce 4.03 m² de vidrio en promedio.

Variable Independiente (Planificación de la Producción y la Teoría de Restricciones)

a) Dimensión: Pronóstico de demanda

Para la estimación de la demanda a mediano plazo se utilizó la técnica combinada: Estacionalidad y Tendencia (regresión de 3er grado) para estimar la ventas de Vidrio Templado, cuya ecuación y índice estacional establecido por cada mes son las siguientes:

$$y = 0.0843x^3 - 9.6679x^2 + 483.29x + 5376.1 \quad R^2 = 0.6888$$

El índice de estacionalidad para los meses de Enero a agosto es 0.88 en promedio, debido a la poca demanda; pero para los meses de setiembre a diciembre es 1.16 en promedio, debido al aumento de la demanda, con ello se obtienen las ventas mensuales más aproximados al real.

La cantidad proyectada para el año 2018 es de 201,341 m² de vidrio templado

b) Dimensión: Capacidad de Producción

Indicador de Utilización de la Capacidad

$$\text{Utilización de la Capacidad} = \frac{\text{Capacidad Utilizada}}{\text{Capacidad Disponible}} \times 100\%$$

$$\text{Utilización de la Capacidad} = \left(\frac{645 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}}{800 \frac{\text{m}^2}{\text{día}}} \right) \times 100\% = 80.63 \%$$

Interpretación: Se utiliza el 80.63% de la capacidad por día de trabajo

c) Dimensión: Plan Agregado de Producción

Se elaboró cinco planes de producción, de los cuales se eligió el plan 3, debido a que la producción es temporal, tiene baja demanda en los meses de enero a julio y alta en demanda en los meses de agosto a diciembre, en el cual se sugiere con este diseño, el personal operativo en temporadas bajas debe ser programado sus vacaciones, permisos o despidos adecuadamente, y en las temporadas altas de no cubrir con la cantidad de personal adecuado, se debe contratar para poder cumplir con la demanda.

Tabla N° 19: Resumen de plan de Agregado

RESUMEN	PLANES DE PRODUCCIÓN	COSTO TOTAL
PLAN 1	Producción laboral Constante y tercerización de Hrs - Hm	S/. 421,214
PLAN 2	Producción laboral constante, hacer uso de horas extras y subcontratar	S/. 423,412
PLAN 3	Atención de la demanda con contratación y despidos	S/. 392,948
PLAN 4	Manteniendo la fuerza laboral constante, considerando el mes de menor demanda y Hrs extras	S/. 408,146
PLAN 5	Manteniendo la fuerza laboral constante, analizando las horas en stock	S/. 468,936

Fuente: Elaboración propia

d) Dimensión: Plan Maestro de Producción (PMP)

Seleccionado el plan óptimo de producción, se realizó el plan de corto plazo, Plan Maestro de Producción, en ello se muestra la producción en semanas por tipo de color de vidrio, se evidencia una alta demanda del Vidrio Incoloro, siendo el 82% se toda su producción, es por ello que se hace una clasificación por color de vidrio y se determina la producción semanal. Se muestra la producción semanal promedio por color de vidrio:

Vidrio Incoloro: 2,956 m2/semanal

Gris Humo: 138 m2/semanal

Dark Blue: 138 m2/semanal

Priva Blue: 59 m2/semanal

Bronce: 52 m2/semanal

e) Dimensión: Plan de Requerimiento de Materiales (MRP)

De acuerdo al Plan Maestro de producción, se elaboró el Plan de Requerimiento mensual para el año 2018 por tipo de color de vidrio, siendo el principal producto el vidrio Incoloro. Se muestra el plan de requerimiento mensual promedio por tipo de color de vidrio:

Vidrio Incoloro: 12,887 m2/mes

Gris Humo: 835 m2/mes

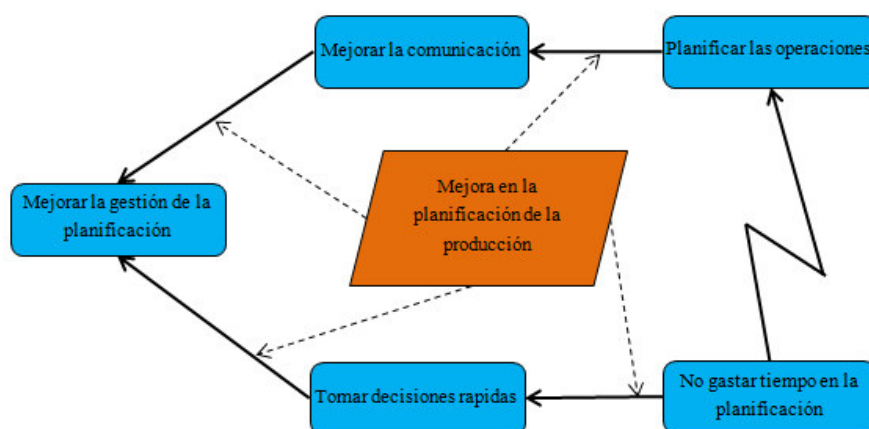
Dark Blue: 612 m2/mes

Priva Blue: 268 m2/mes

Bronce: 206 m2/mes

f) **Dimensión: Teoría de Restricciones**

Figura N° 26: Nube de evaporación de conflictos



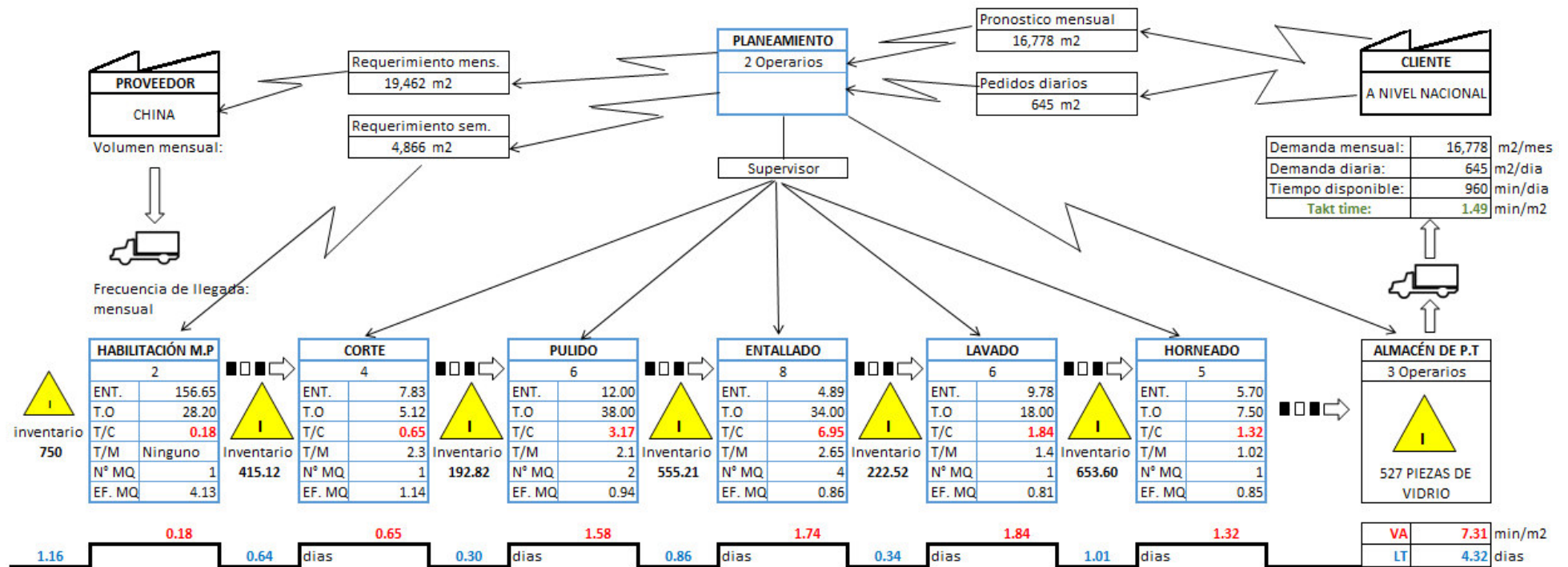
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29: Resumen de comparación de variables dependientes e independientes

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN	UNIDAD
Planificación y Control de la Producción	Pronóstico de la Demanda	M2 de vidrio Templado vendidos por año	No hay registro	201,341	100%	M2/año
	Capacidad de Producción	Capacidad Utilizada/ Capacidad Disponible	64.90%	80.63%	16%	% de utilización de la capacidad
	Plan Agregado de la Producción	Costo de Plan Agregado	No hay registro	392,948	100%	Soles
	Plan Maestro de Producción	Unidades promedio producidas por semana	No hay registro	2,956	100%	m2/semana
	Plan de Requerimiento de Materiales	Cantidad Optima de requerimiento	No hay registro	12,887	100%	m2/mes
	Teoría de Restricciones	Variables no manipulables	No hay registro	Elaboración	100%	diagrama
Productividad	Eficiencia de Mano de Obra	M2 producidos / Horas - Hombre	1.05	1.3	24%	M2 por Horas - Hombre
	Eficiencia de Maquinaria	M2 producidos / Horas - Máquina	3.61	4.03	12%	M2 por Horas - Máquina
	Lead time	Inventario por procesar / Producción diaria	5.37	4.32	1	día

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 35: Mapa del flujo de valor futuro del vidrio templado (VSM)



Fuente. Elaboración propia

Variable Dependiente (Productividad)

Indicadores actuales de producción y productividad

Demanda mensual promedio: 16,778 m²/mes

Nº de días de trabajo por mes: 26 días/mes

Tiempo disponible por día: 960 min/día = 16 horas/día

$$Producción\ por\ día = \frac{16778 \frac{m^2}{mes}}{26 \frac{días}{mes}} = 645.3 \frac{m^2}{día}$$

Hallamos el tack time, que es el ritmo que una unidad de producto debe ser producida para cumplir con el cliente, en nuestro caso quiere decir que un metro de vidrio templado debe ser procesado en 2 minutos aproximadamente.

$$Tack\ Time = \frac{960 \frac{min}{día}}{645 \frac{m^2}{día}} = 1.49 \frac{min}{m^2}$$

Cálculos de tiempo de ciclo y el Lead time por proceso (como referencia de cálculo, se tomó al área de corte)

Entrada de vidrio al área de Corte a procesar: 7.83 m²

Tiempo de procesamiento: 5.12 min

Inventario por procesar: 415.12 m²

Producción por día: 645 m²/día

$$Tiempo\ de\ ciclo = \frac{5.12\ min}{7.83\ m^2} = 0.65 \frac{min}{m^2}$$

$$Lead\ Time = \frac{415.12\ m^2}{645 \frac{m^2}{día}} = 0.64\ días$$

Cálculo del Lead Time total y el tiempo de procesamiento total (suma de los tiempos de ciclo)

$$\sum_{k=M.P}^{Horno} Tiempo\ de\ procesamiento\ (V.A) = 7.31 \frac{min}{m^2}$$

$$\sum_{k=M.P}^{Horno} Lead\ Time\ total = 4.32\ días$$

6.3. Contrastación de Hipótesis

6.3.1. Análisis

Para confirmar si el diseño de un sistema de planificación y control de la producción basado en la teoría de restricciones, impacta positivamente en la productividad, se realiza el análisis e interpretación de los datos a través de la prueba de hipótesis, t de Student de una muestra, donde:

H₀: $\mu_{\text{Existente}} = X_{\text{Diseño PCP}}$ (No existe diferencia significativa en los indicadores, entre el existente y el nuevo diseño de la Planificación y Control de la Producción)

H₁: $\mu_{\text{Existente}} \neq X_{\text{Diseño PCP}}$ (Existe diferencia significativa en los indicadores, entre el existente y el nuevo diseño de la Planificación y Control de la Producción)

$P < \alpha$, Se rechaza la H₀ ($\alpha=0.05$, Nivel de significancia al 95%)

Distribución t de Student

$$t = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

x = Media muestral

μ = Media poblacional

s = Desviación estándar de la muestra

n = Número de la muestra

Los valores para la prueba de hipótesis se adjuntan en el anexo N° 7

Distribución t de Student: Plazo de entrega

T de una muestra: entrega

Prueba de mu = 4,32 vs. no = 4,32

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
entrega	4	6,038	0,934	0,467	(4,552; 7,523)	3,68	0,035

$p < \alpha$; Se rechaza la hipótesis nula: **Existe diferencia significativa de los indicadores de plazo de entrega.**

Distribución t de Student: Costo de producción

Prueba de mu = 328784 vs. no = 328784

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
Costo	4	491437	58042	29021	(399079; 583795)	5,60	0,011

$p < \alpha$; Se rechaza la hipótesis nula: **Existe diferencia significativa de los indicadores de Costo de producción por mano obra.**

Distribución t de Student: Toma de decisiones (Gestión)

T de una muestra: Gestión

Prueba de mu = 16778 vs. no = 16778

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95%	T	P
Gestión	4	8408	1177	589	(6535; 10281)	-14,22	0,001

$p < \alpha$; Se rechaza la hipótesis nula: **Existe diferencia significativa de los indicadores de Toma de decisiones sobre requerimiento de M.P**

6.4. Discusión de Resultados

El objetivo de esta investigación tuvo como propósito diseñar un sistema de Planificación y Control de la Producción, para ello se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa con el Mapa de Flujo de Valor (VSM), identificándose problemas a través de la Teoría de Restricciones, los cuales fueron la gestión de la planificación empírica y el cuello de botella del sistema de producción de vidrio templado.

Se partió del análisis de la ventas de los años 2014 a octubre 2017, y se aplicó la técnica combinada: Estacionalidad y Tendencial (regresión de 3er grado) por presentar un fuerte grado de correlación ($R^2 = 0.6888$), la ecuación que mejor representa al pronóstico ($y = 0.0843x^3 - 9.6679x^2 + 483.29x + 5376.1$), los índice de estacionalidad son 0.88 (enero – agosto) y 1.16 (septiembre – diciembre), para meses de menor y mayor demanda respectivamente, con ello se obtienen las ventas del 2018, que ayudara a prever y enfocar sus recursos según la demanda.

De acuerdo al análisis de la capacidad de planta, el área de entalle identificado como cuello de botella del sistema, se realizó el balance de línea, el cual redujo en 1 día el lead time, al aumentar un taladro de banco y mantener constante los 31 operarios, para así pasar a producir de 519 m²/día a 645 m²/día. Con ello aumentar la productividad de la mano de obra en 24% y 12% de productividad de maquinaria.

Se realizó 5 Planes Agregados de Producción de acuerdo a la capacidad de planta y eligió el 3er plan que tiene como menor costo de producción de 392,948 soles al año, que consiste en contratar y despedir personal de acuerdo a la demanda temporal, (mejora en costos de producción y toma de decisiones sobre uso de mano de obra)

Luego se realizó el Plan Maestro de Producción (plan de corto plazo), en ello se detalla la producción semanal por cada tipo de color de vidrio, lo cual ayudara a mejorar el área de Almacén de Materia Prima, quien preverá adecuados requerimientos solicitados.

Y finalmente se elaboró el Plan de Requerimiento de Materiales, que permite identificar la cantidad de requerimiento de materia prima mensual y evitar desabastecimiento como ocurre actualmente en la empresa.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- ✓ Se concluye que al realizar un análisis detallado de capacidad de planta se reduce en un día el lead time, y se logra aumentar la capacidad instalada de 64.90% a 80.63%.
- ✓ Se demuestra que al utilizar la cantidad óptima de operarios de acuerdo a la variación de la demanda se reduce el costo de producción.
- ✓ Al elaborar el plan de requerimiento mensual de vidrio crudo, se determina la cantidad exacta de requerimiento al proveedor y en el momento oportuno por cada tipo de color de vidrio
- ✓ Se demostró que al aplicar la técnica combinada (estacionalidad y regresión), este representa el mejor pronóstico de ventas cuyos índices estacionales son 0.88 en baja demanda y 1.16 al aumentar la demanda
- ✓ Se determina que al mantener constante el número de trabajadores y aumentar una máquina (taladro de banco) en el área de entalle, se logra romper el cuello de botella e incrementa la capacidad de producción.
- ✓ Se infiere que para lograr la meta de la productividad, la mejor técnica es la Teoría de Restricciones, porque nos permite identificar la raíz de los problemas y a partir de ello generar acciones

6.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda implementar el presente trabajo de investigación en la empresa, para cumplir con el plazo de entrega, menor costo de producción de mano de obra y mayor productividad.
- ✓ Si se implementa el diseño se debe realizar un seguimiento de la planificación y control de la producción, para poder realizar algún ajuste necesario.
- ✓ Acompañar al plan óptimo de producción un programa de rotación de personal que evite la desmotivación de los operarios, otorgándoles permisos, adelanto de vacaciones, premios y bonos.
- ✓ Asegurar que el plan de requerimiento de materiales se cumpla adecuadamente, para evitar el desabastecimiento de la materia prima (vidrio crudo) en producción y de esta manera cumplir con la demanda de nuestros clientes en el plazo de entrega fijado.
- ✓ Se recomienda implementar un adecuado programa de mantenimiento, ya que se tiene muchos problemas de parada de máquina por mantenimiento correctivo.
- ✓ Mejorar la comunicación vertical de la empresa, para involucrar y comprometer al trabajador en su área de trabajo, de tal forma que sus ideas sean tomadas en cuenta en mejoras de proceso y posteriormente en decisiones gerenciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Borrego, A. O., & Cachay Boza, O. (2010). *Gestión de Operaciones y Cadena de Suministros*. Lima: UNMSM.
- BBVA Research. (28 de 12 de 2016). *bbva.com*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/bbva-research-peru-proyecta-las-ventas-vivienda-creceran-6-2017/>
- Chapman, S. (2005). *Planificación y Control de la Producción*. Mexico: PEARSON.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones y Producción*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Gaither, N., & Frazier, G. (1999). *Administración de Producción y Operaciones*. Mexico: Thomson .
- Goldratt, E., & Cox, J. (1993). *La Carrera*. Mexico: Castillo S.A. de Monterrey.
- Goldratt, E., & Cox, J. (1993). *La Meta*. Mexico: Castillo S.A. de C.V.
- Goldratt, E., & Cox, J. (2001). *No fue Suerte*. Mexico: Castillo S.A. de Monterrey.
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Administración de la Producción*. Mexico: PEARSON EDUCACION.
- Jara, S., & Sánchez, V. (2016). *Propuesta de un sistema de planeamiento y control en el área de producción de la empresa minera P'HUYU YURAQ II E.I.R.L. para incrementar la productividad de cal viva*. Recuperado el 2017, de file:///C:/Users/pc/Downloads/Jara%20D%C3%ADaz%20Sthefanny,%20S%C3%A1nchez%20Ram%20Drez%20Denise%20Viviana.pdf
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2008). *Administración de Operaciones*. Mexico: PEARSON EDUCACION.
- León, C. (06 de 2013). *Propuesta de implementación de la Teoría de Restricciones para incrementar la eficiencia del sistema logístico del área de procura e importaciones de la empresa Gym S.A*. Recuperado el 10 de 2017, de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6384>
- Lloret, J. (2014). *Propuesta para implementar un modelo de planificación y control de la producción en la empresa ISOLLANTA CÍA. LTDA*. Recuperado el 2017, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6990/1/UPS-CT003647.pdf>
- Pérez, A. (2016). Organigrama. *Empresa de Tratamiento de vidrios* . SJL - Lima, Perú.
- Ramos, R. (05 de 2004). *Sistema de planificación de los requerimientos de materiales en una industria alimenticia*. Recuperado el 10 de 2017, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0291_MI.pdf
- Revollo, I., & Suarez, D. (04 de 05 de 2009). *Propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS S.A. a través de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción*. Recuperado el 10 de 10 de 2017, de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis263.pdf>

- Rojas, O. (25 de 08 de 2013). *SCRIB*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/178850766/PLANEACION-Y-CONTROL-DE-LA-PRODUCCION>
- Sampiere, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Vargas, G. (05 de 2011). *Diseño de un sistema logístico de abastecimiento para la gerencia de red de una empresa de telecomunicaciones utilizando la teoría de las restricciones*. Recuperado el 10 de 2017, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/306>
- Vásquez, I. (05 de 2013). *Propuesta de un sistema de planificación de la producción aplicado a una empresa textil dedicada a la fabricación de calcetines*. Recuperado el 10 de 2017, de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4788/VASQUEZ_JOSE_SISTEMA_PRODUCCION_EMPRESA_TEXTIL_CALCETINES.pdf?sequence=1
- Vollmann, T. (2005). *Planeación y Control de la Producción*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana.

ANEXO

Anexo N° 1: Matriz de consistencia

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN BASADO EN LA TEORIA DE RESTRICCIONES, PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE TRATAMIENTO DE VIDRIOS							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	POBLACIÒN	
General	General	General	Independiente	Pronostico de la demanda	M2 de vidrio Templado vendidos por año	Todos las divisiones de los departamentos de la empresa de tratamiento de vidrios desde el año 2014 a octubre 2017	
¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejorará la productividad en una empresa de tratamiento de vidrios?	Diseñar un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, para incrementar la productividad, en una empresa de tratamiento de vidrios.	El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite mejorar la productividad, en una empresa de tratamiento de vidrios.	X ₁ : Planificación y control de la producción	Capacidad de producción	Capacidad Utilizada/ Capacidad Disponible		
				Plan agregado de la producción	Costo de Plan Agregado		
				Plan maestro de la producción (PMP)	M2 promedio producidas por semana		
Específico	Específico	Específico	X ₂ :Teoría de restricciones	Plan de requerimiento de materiales (MRP)	Cantidad óptima de pedido.		
1. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permitirá el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios?	1. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios.	1. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, permite el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos, en una empresa de tratamiento de vidrios.		Teoría de Restricciones	Variable no manipulable: -Árbol de la Realidad Actual (ARA) -Árbol de la Realidad Futura (ARF)		
2. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reducirá el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios?	2. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reduce el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios.	2. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, reduce el costo de producción, en una empresa de tratamiento de vidrios.	Dependiente	Eficiencia de Mano de Obra	M2 producidos / Horas - Hombre		MUESTRA
			General				Los procesos del área de Operaciones de la línea Vidrios Templados , desde el mes de enero 2014 a octubre 2017, de la empresa de tratamiento de vidrio.
	Y ₁ : Productividad						
	Específica						
	Y ₂ : Plazo de entrega						
3. ¿En qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejorará la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios?	3. Determinar en qué medida el diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejora la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios.	3. El diseño de un sistema de Planificación y Control de la Producción basado en la teoría de restricciones, mejora la toma de decisiones en el área de operaciones, en una empresa de tratamiento de vidrios.	Y ₃ : Costo de producción	Eficiencia de Maquinaria	M2 producidos / Horas – Máquina		
			Y ₄ : Toma de decisiones	Lead Time	Inventario por procesar / Producción diaria		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 2: Tiempo de ciclo por proceso

PROCESOS	VALOR	PROCESOS	VALOR	UNIDADES
ALMACÉN DE M.P		ÁREA DE ENTALLE		
Entrada:	156.65	Entrada:	4.89	m2
N° de operarios	2	N° de operarios	8	operarios
N° de máquina	1	N° de máquina	3	Automático
Tiempo de operación	28.2	Tiempo de operación	34	min
Tiempo de ciclo (T/C)	0.18	Tiempo de ciclo	6.95	min/m2
ÁREA DE CORTE	VALOR	ÁREA DE LAVADO	VALOR	UNIDADES
Entrada:	7.83	Entrada:	9.78	m2
N° de operarios	4	N° de operarios	6	operarios
N° de máquina	1	N° de máquina	1	Automático
Tiempo de operación	5.12	Tiempo de operación	18	min
Tiempo de ciclo	0.65	Tiempo de ciclo	1.84	min/m2
ÁREA DE PULIDO	VALOR	ÁREA DE HORNEADO	VALOR	UNIDADES
Entrada:	12	Entrada:	5.7	m2
N° de operarios	6	N° de operarios	5	operarios
N° de máquina	2	N° de máquina	1	Automático
Tiempo de operación	38	Tiempo de operación	7.5	min
Tiempo de ciclo	3.17	Tiempo de ciclo	1.32	min/m2

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

Anexo N° 3: factor de requerimiento para vidrio templado

Producto/parte	Plazo (meses)	factor	Cantidad	Unidades
Vidrio Templado	1	1	519	m2/día
Vidrio Crudo	1	1.16	602	m2/día
Etiqueta	2	1	519	und.
Logotipo	1	1	519	und.
Tinta	3	0.082	43	gr/m2
Pigmento	7	0.045	23	gr/m2
Disolvente	2	0.001	0.36	Lt/m2
Malla	2	1	1	und.

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

Anexo N° 4: Inventario de vidrio crudo por proceso (corte, pulido y entallado)

INVENTARIO DEL ÁREA DE CORTE A PULIDO				INVENTARIO DEL ÁREA DE PULIDO A ENTALLADO			
CANTIDAD	LARGO	ANCHO	AREA	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	AREA
35	700	657	16.1	1	1,098	193	0.2
12	540	1,700	11.0	1	544	776	0.4
13	1,160	450	6.8	16	535	1,730	14.8
1	200	1,500	0.3	8	500	565	2.3
1	294	2,398	0.7	4	587	1,870	4.4
3	375	2,215	2.5	4	2,000	814	6.5
4	200	1,500	1.2	8	1,594	1,786	22.8
1	190	996	0.2	13	1,653	178	3.8
5	600	108	0.3	6	2,765	945	15.7
2	254	851	0.4	1	1,260	1,250	1.6
1	453	1,323	0.6	3	1,289	900	3.5
1	442	1,553	0.7	6	2,474	668	9.9
1	1,786	345	0.6	13	1,195	2,130	33.1
7	737	660	3.4	1	730	1,250	0.9
1	442	1,553	0.7	1	1,785	2,112	3.8
7	1,040	650	4.7	28	1,060	2,230	66.2
3	200	1,500	0.9	1	800	840	0.7
15	1,500	300	6.8	27	1,100	2,172	64.5
7	900	220	1.4	1	1,980	2,298	4.6
7	775	2,035	11.0	1	1,310	2,295	3.0
1	857	1,459	1.3	4	1,563	1,785	11.2
1	2,000	500	1.0	13	945	2,255	27.7
10	1,043	2,297	24.0	28	650	1,592	29.0
10	1,895	1,670	31.6	14	820	1,920	22.0
10	1,485	2,350	34.9	16	1,025	2,525	41.4
14	965	2,200	29.7	2	1,260	2,060	5.2
TOTAL AREA EN M2			192.8	6	2,602	970	15.1
INVENTARIO DEL ÁREA DE ENTALLE A LAVADO				3	1,100	2,200	7.3
CANTIDAD	LARGO	ANCHO	AREA	2	594	388	0.5
10	1,255	2,060	25.9	4	944	296	1.1
7	1,590	1,800	20.0	5	384	1,164	2.2
40	672	2,809	75.5	5	430	1,780	3.8
25	672	2,037	34.2	17	341	1,800	10.4
10	662	2,035	13.5	1	1,024	570	0.6
2	1,754	2,452	8.6	2	1,255	2,060	5.2
10	1,455	2,454	35.7	6	1,455	2,440	21.3
3	1,080	2,530	8.2	5	1,324	2,278	15.1
1	300	711	0.2	2	965	2,070	4.0
1	1,100	650	0.7	3	1,270	3,130	11.9
TOTAL AREA EN M2			222.5	3	1,160	2,140	7.4
				4	1,985	2,302	18.3
				16	1,805	997	28.8
				2	1,250	1,250	3.1
				TOTAL AREA EN M2			555.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5: Inventario de vidrio crudo por proceso (área de lavado)

INVENTARIO DEL ÁREA DE LAVADO O HORNO							
CANTIDAD	LARGO	ANCHO	AREA	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	AREA
20	520	1,800	18.7	2	7,000	549	7.7
14	608	1,890	16.1	13	497	1,618	10.5
1	223	1,515	0.3	12	390	442	2.1
4	888	290	1.0	33	550	550	10.0
3	585	1,505	2.6	19	807	585	9.0
3	1,095	490	1.6	1	296	588	0.2
24	551	1,888	25.0	4	202	1,055	0.9
8	517	1,202	5.0	2	1,015	420	0.9
6	572	1,125	3.9	2	371	1,359	1.0
2	551	1,411	1.6	3	1,080	785	2.5
8	410	1,750	5.7	12	418	1,488	7.5
2	500	495	0.5	12	410	1,750	8.6
7	495	769	2.7	4	330	1,240	1.6
2	402	896	0.7	1	1,362	317	0.4
1	549	1,125	0.6	8	390	442	1.4
3	455	1,664	2.3	7	988	2,120	14.7
1	1,155	1,995	2.3	17	1,155	1,995	39.2
19	756	1,730	24.8	8	1,100	1,200	10.6
4	900	2,140	7.7	4	2,939	1,731	20.3
1	1,155	1,995	2.3	3	800	2,293	5.5
14	670	2,780	26.1	11	1,202	2,140	28.3
2	2,035	1,035	4.2	23	1,193	2,112	58.0
1	670	3,019	2.0	1	1,200	2,475	3.0
13	1,204	2,278	35.7	6	930	2,475	13.8
28	1,270	3,130	111.3	13	562	1,555	11.4
32	562	1,258	22.6	35	660	1,750	40.4
2	560	530	0.6	4	1,410	2,923	16.5
TOTAL AREA EN M2							653.6

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

Elaboración propia

Anexo N° 6: Análisis y proyección por tipo de color de vidrio

AÑO	Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	Incoloro	4,225	5,618	6,645	6,627	7,161	6,876	7,887	8,393	8,214	8,342	10,122	10,005
	Bronce	256	125	236	343	384	391	300	481	202	285	319	524
	Gris Humo	252	111	205	286	111	115	239	382	41	26	0	0
	Dark Blue	0	0	0	0	0	0	133	56	267	153	150	71
	Priva Blue	0	0	0	0	0	1	48	0	0	0	111	0
	Silver Clear	0	0	0	0	0	0	0	0	277	38	0	608
2015	Incoloro	8,094	6,830	7,773	8,104	6,726	7,176	7,096	8,608	10,767	12,850	13,033	12,861
	Bronce	351	392	519	281	328	398	332	361	1,120	502	660	759
	Gris Humo	293	398	595	277	283	615	777	238	370	349	385	371
	Dark Blue	30	51	158	62	239	269	130	200	247	207	252	339
	Priva Blue	59	1	20	16	3	187	18	35	12	42	2	36
	Silver Clear	347	79	346	335	53	36	177	137	77	498	234	300
2016	Incoloro	10,581	10,591	12,453	9,295	8,770	9,140	10,784	11,197	14,048	12,795	15,698	12,416
	Bronce	564	573	388	527	338	586	802	556	577	550	322	494
	Gris Humo	442	535	297	373	480	539	1,020	841	511	584	583	701
	Dark Blue	268	298	416	879	349	98	161	277	906	669	364	210
	Priva Blue	133	128	33	105	933	101	574	78	719	184	371	74
	Silver Clear	414	257	82	328	681	22	1	18	115	39	39	45
2017	Incoloro	11,365	10,882	10,853	9,410	10,699	10,604	10,604	13,385	12,059	12,683	14,572	14,097
	Bronce	692	281	309	321	415	670	482	695	251	257	443	406
	Gris Humo	1,202	513	485	394	947	654	694	728	444	534	863	843
	Dark Blue	1,138	157	137	186	372	378	514	119	300	1,126	620	608
	Priva Blue	121	228	55	71	13	172	14	83	16	5	204	249
	Silver Clear	102	13	15	17	60	182	3	39	206	4	158	152
2018	Incoloro	10,485	9,853	10,994	9,903	9,925	9,837	10,796	11,830	13,083	13,257	13,719	13,175
	Bronce	284	250	258	214	194	172	165	153	138	106	73	33
	Gris Humo	633	601	677	616	624	625	693	768	858	879	920	894
	Dark Blue	458	437	494	451	458	461	512	570	639	657	690	672
	Priva Blue	189	182	208	191	196	199	224	251	285	296	314	309
	Silver Clear	113	107	119	107	108	107	118	130	144	147	153	148

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 7: Resultados de análisis de Prueba de Hipótesis

El número de muestra es de 4 años (2014 a 2017), el promedio de plazo de entrega (días), el costo promedio de producción (soles/año) y la toma de decisiones sobre las ventas de vidrio templado (m2/año)

Para cada uno se halla:

\bar{x} = Media muestral

μ = Media poblacional

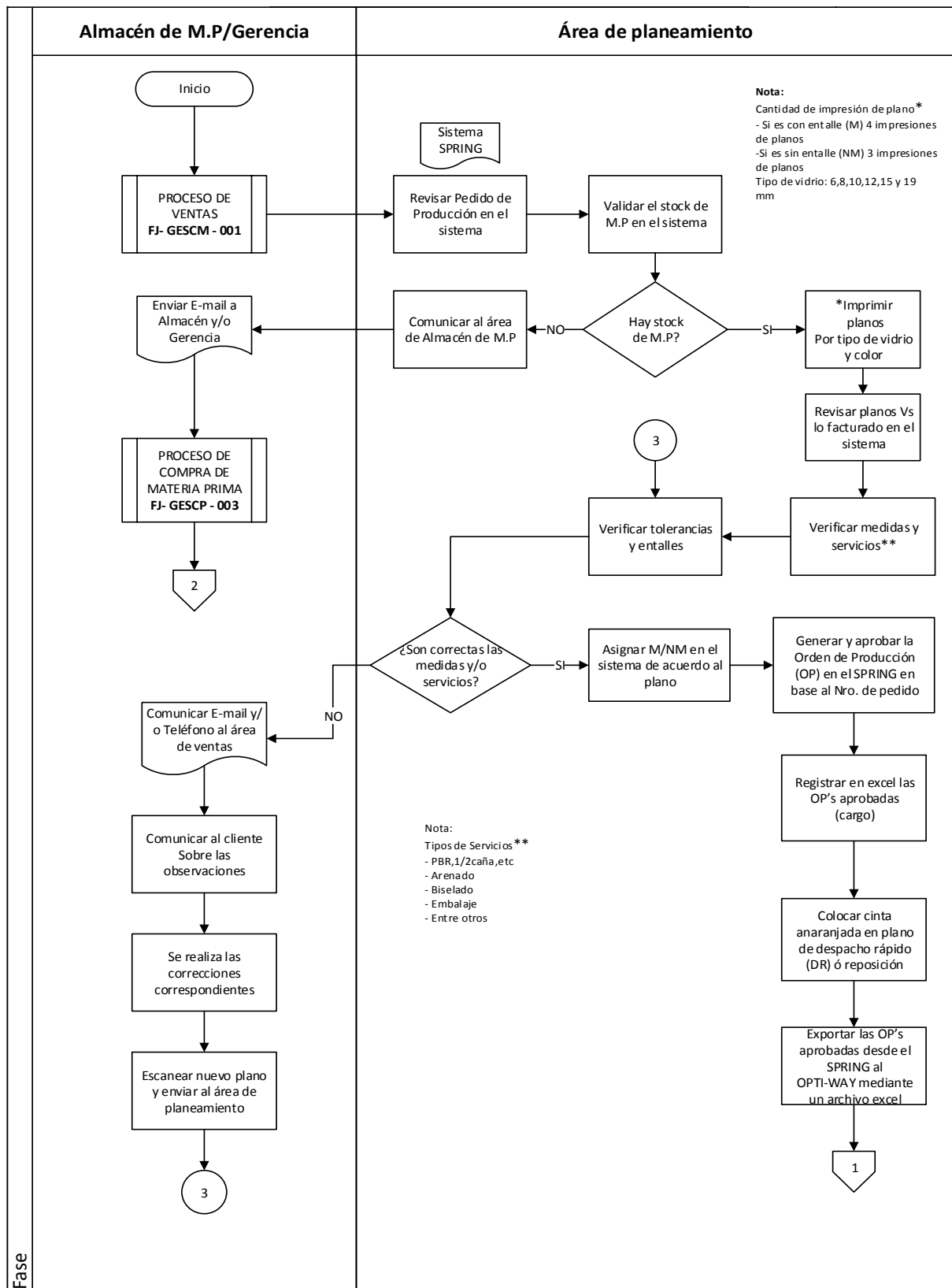
s = Desviación estándar de la muestra

n = Número de la muestra

PLAZO DE ENTREGA			
n	AÑOS	TIEMPO	UNIDAD
1	2014	7,32	días
2	2015	6,14	días
3	2016	5,37	días
4	2017	5,32	días
	μ	6,04	días
	\bar{X}	4,32	días
	s	0,934	
COSTO DE PRODUCCIÓN			
n	AÑO	COSTO	UNIDAD
1	2014	432.659	soles/año
2	2015	502.421	soles/año
3	2016	567.243	soles/año
4	2017	463.426	soles/año
	μ	491.437	soles/año
	\bar{X}	328.784	soles/año
	s	58.042	
TOMA DE DECISIONES			
n	ITEM	GESTIÓN	UNIDAD
1	2014	8.134	m2/año
2	2015	7.262	m2/año
3	2016	8.179	m2/año
4	2017	10.056	m2/año
	μ	8.408	m2/año
	\bar{X}	16.778	m2/año
	s	1.177	

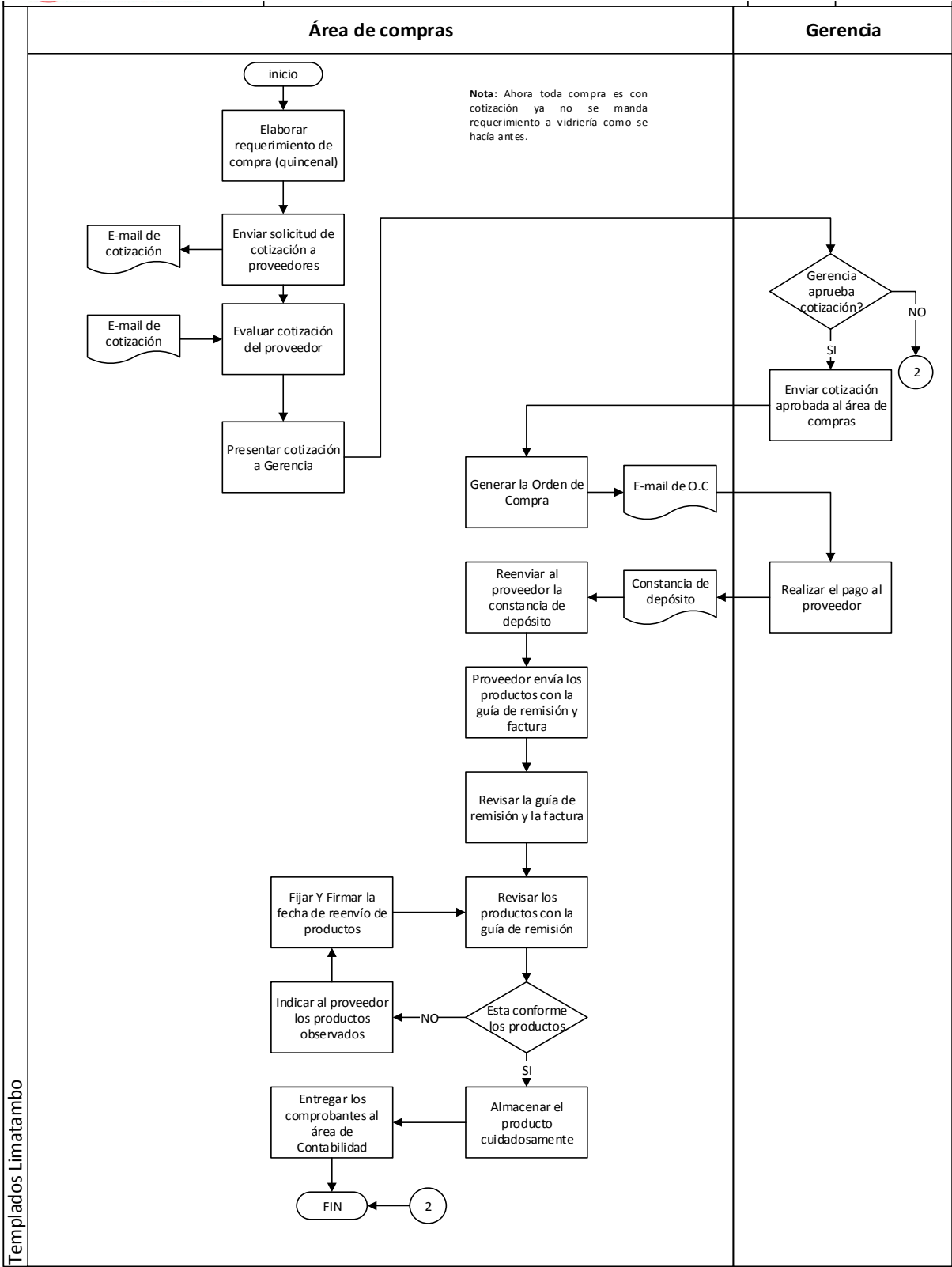
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 8: Proceso de Planeamiento de la producción



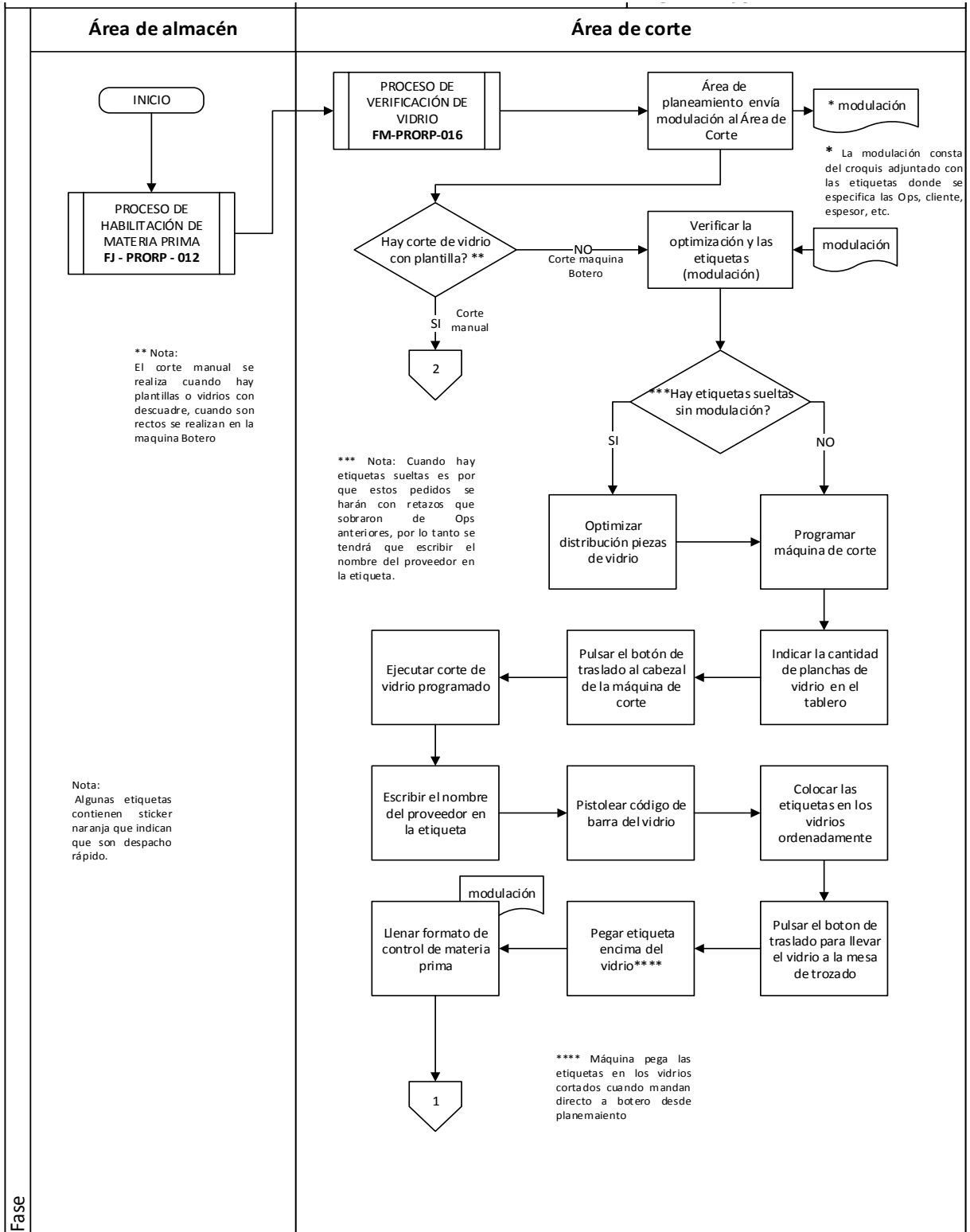
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 9: Proceso de compras de materia prima



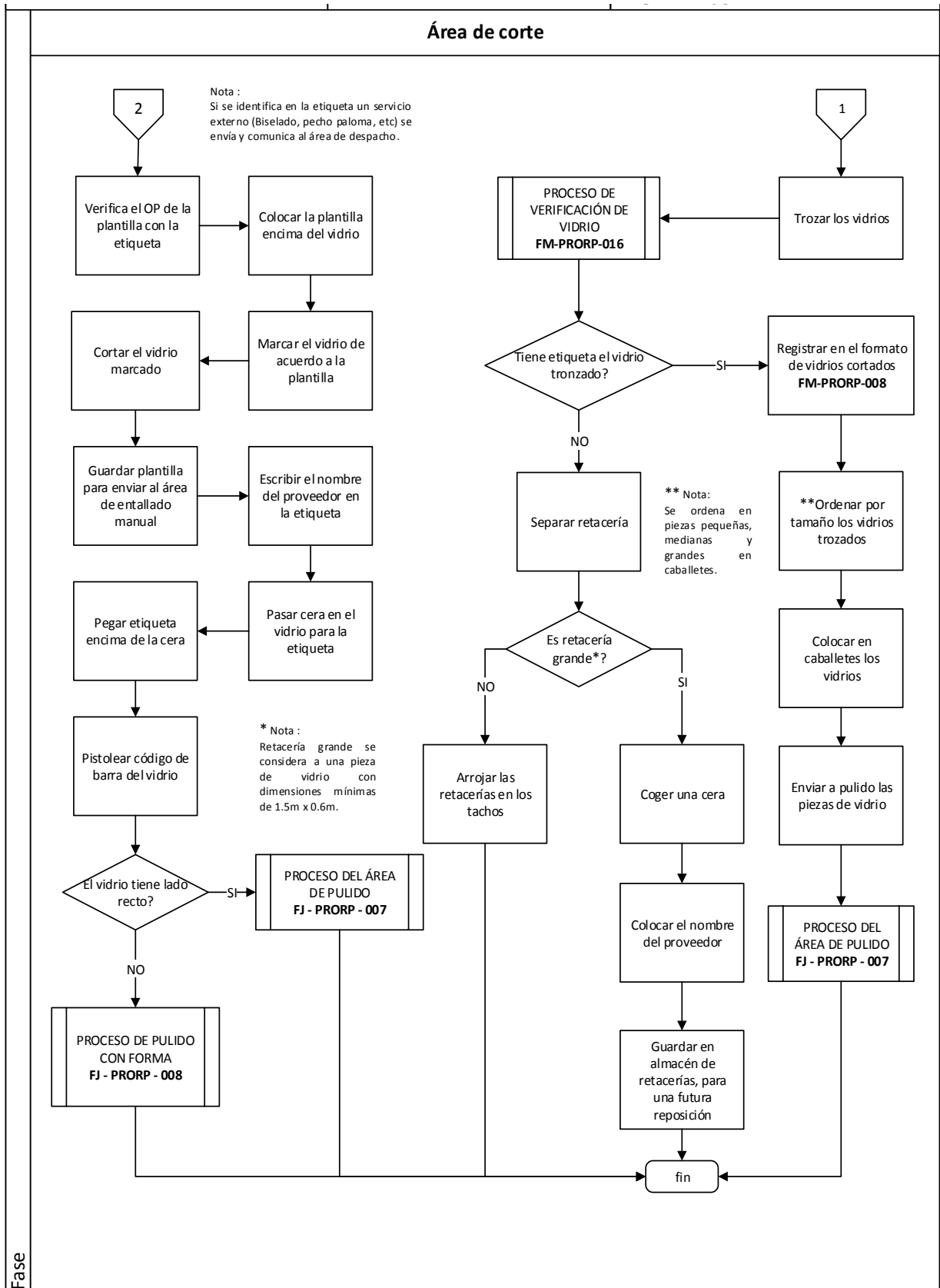
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 10: Proceso de corte

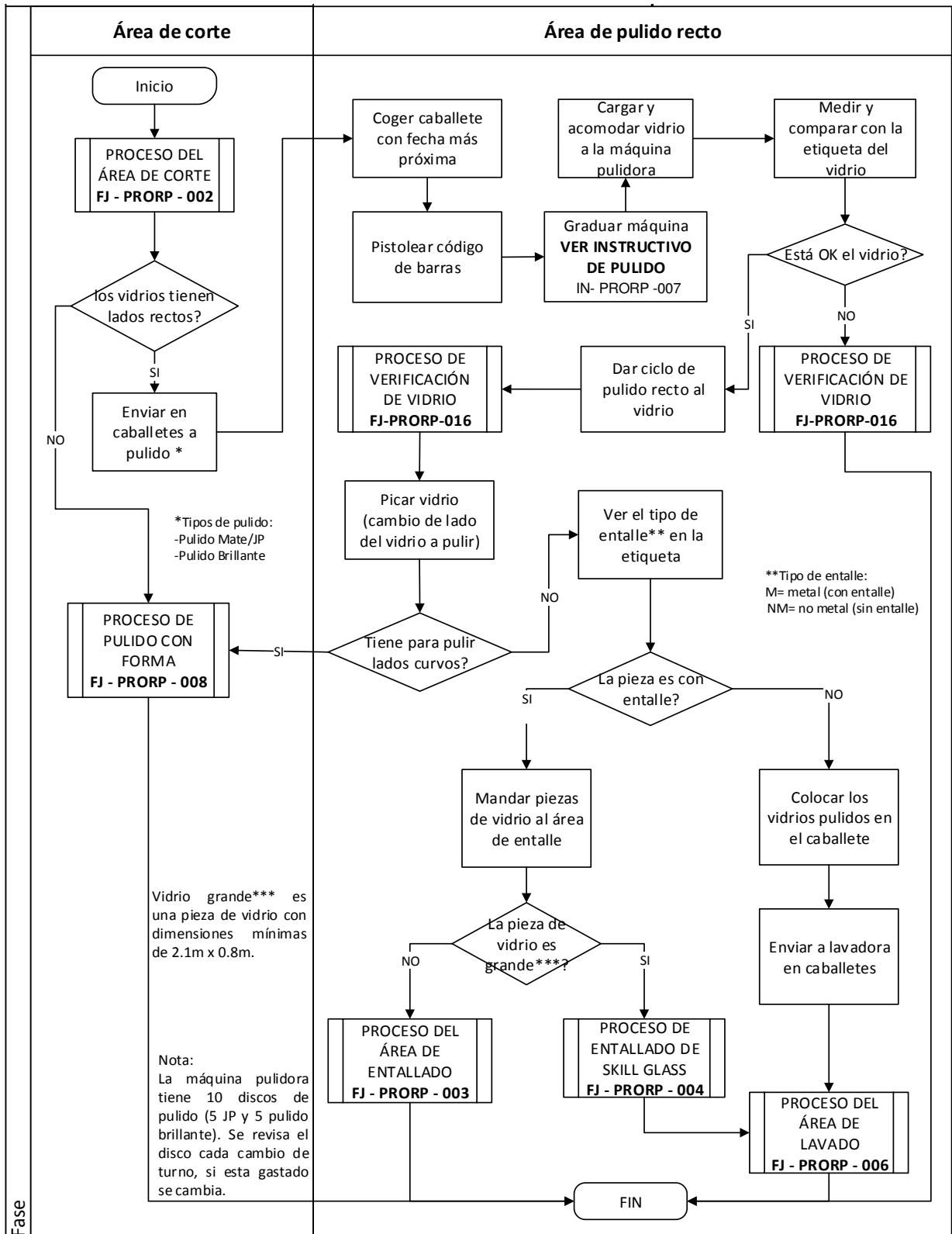


Fuente: Elaboración propia

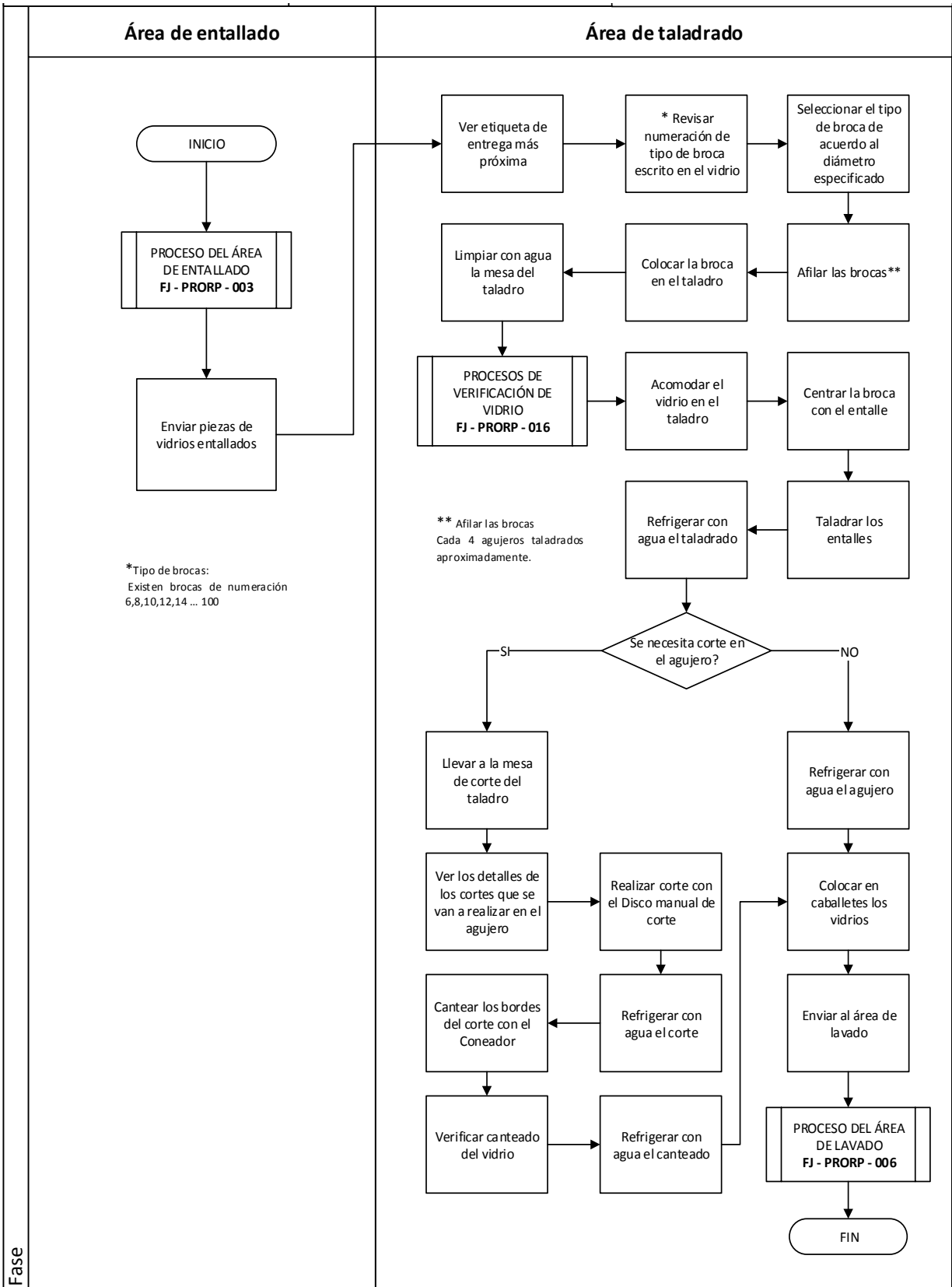
Proceso de corte (continuación)



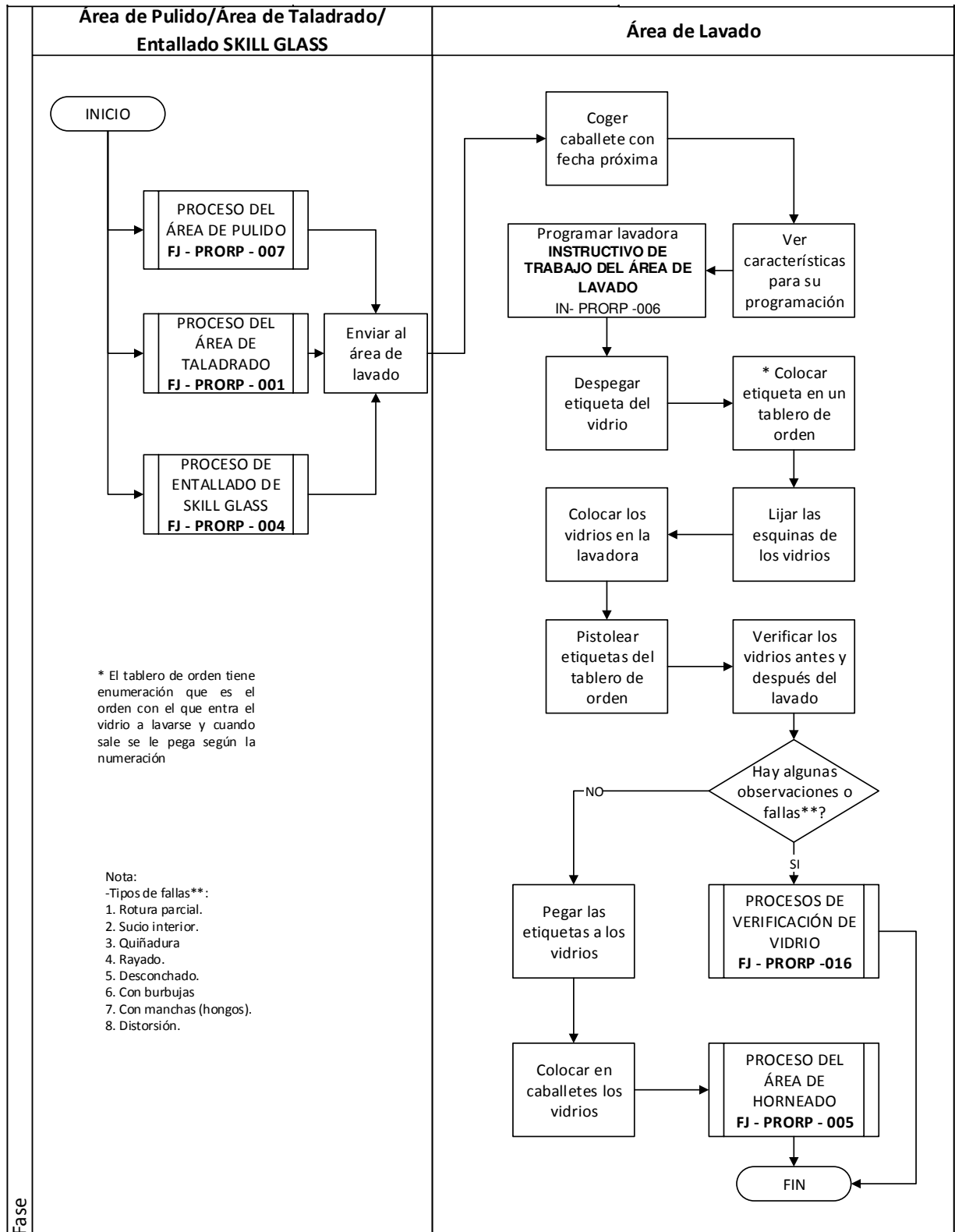
Anexo N° 11: Proceso de Pulido



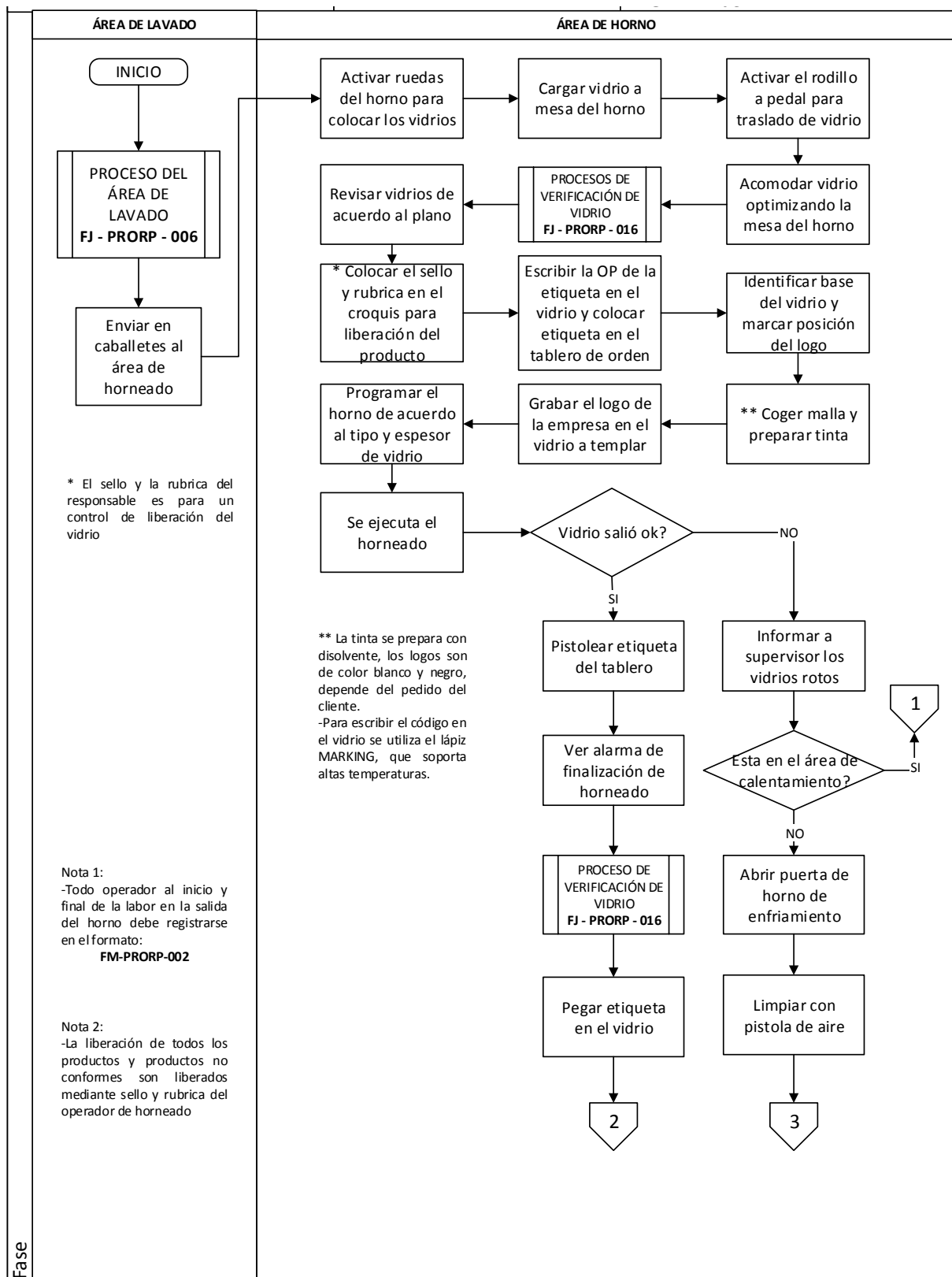
Anexo N° 12: Proceso de Entallado - Taladrado



Anexo N° 13: Proceso de Lavado



Anexo N° 14: Proceso de Horneado



Fuente: Elaboración propia